Klinische Plaquekontrolle eines experimentellen Mundpflegeproduktes

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentarium

der Universität Witten/Herdecke

Fakultät für Gesundheit
Department für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

vorgelegt von

Shirin Rahmi Toekan, geb. Birowo

aus Buxtehude

2013

Dekan	**:**	**apl. Prof. Dr. Stefan Wirth**
Departmentleiter	**:**	**Prof. Dr. Stefan Zimmer**
Mentor	**:**	**Prof. Dr. Dr. h. c. Peter Gängler**
Zweitgutachter	**:**	**Prof. Dr. Hans-Peter Jöhren**
Tag der Disputation	**:**	**13.11.2013**

Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Einleitung 1
2. Zielsetzung 4
3. Übersicht 6
   3.1 Ätiologie und Pathogenese der Zahnkaries 6
   3.2 Mundhygiene und Mundhygienehilfsmittel 14
      3.2.1 Miswak/Siwak 14
      3.2.2 Zahnbürste 17
      3.2.3 Mundhygieneprodukte für „zwischendurch“ 24
         3.2.3.1 Zahnhölzer 25
         3.2.3.2 Kaugummi 28
         3.2.3.3 Kaukörper 30
         3.2.3.4 Bürsten-Modifikationen 31
         3.2.3.5 Zungenzahnbürste 33
         3.2.3.6 Miswak/Siwak 31
         3.2.3.7 Zahnputztücher 36
         3.2.3.8 Zahnradierer 37
         3.2.3.9 Zahnseide-Sticks 38
         3.2.3.10 Zahnputztabletten 39
         3.2.3.11 Mundspülung 40
         3.2.3.12 Mundspray 42
         3.2.3.13 Mundspülung-Konzentrate 43
4. Material und Methodik 45
   4.1 Probandengut 45
   4.2 Untersuchungsmaterial 47
   4.3 Risikoabschätzung des experimentellen Mundpflegeproduktes 52
   4.4 Versuchsplanung 53
   4.5 Untersuchungsmethodik 56
      4.5.1 Kalibrierung der Probanden 56
      4.5.2 Kalibrierung des Untersuchers 57
      4.5.3 Aufbau und Ablauf der Untersuchung mit Plaqueakkumulation 57
   4.6 Dokumentation 59

4.7 Klinische Befunderhebung 61
4.8 Planimetrische Analyse 61
5. Ergebnisse 64
5.1 Klinische Untersuchung 64
5.2 Statistische Auswertung 64
5.2.1 Deskriptive Datenanalyse 64
5.2.2 Statistische Überprüfung der Zusammenhänge 79
5.2.2.1 Reinigungserfolg bei einzelnen Zähnen 80
5.2.2.2 Reinigungserfolg bei einzelnen Zahnfeldern 86
6. Diskussion 89
6.1 Experimentelles Mundpflegeprodukt 89
6.2 Studiendesign 92
6.2.1 Probandenauswahl 92
6.2.2 Anzahl der Probanden 92
6.2.3 Untersuchungsmethodik 93
6.2.4 Experimentelle klinische *cross-over* Studie 94
6.2.5 Studiendauer 95
6.5 Vergleichbarkeit der Studienergebnisse 96
6.5.1 Probandendifferenzen 96
6.5.2 Auswahl der Zähne 96
6.5.3 Plaqueakkumulation nach 3-day-plaque regrowth 97
6.5.4 Planimetrischer Index 98
7. Ausblick 103
8. Zusammenfassung 106
9. Summary 109
10. Literaturverzeichnis 112
11. Anhang 124
11.1 Informationsschreiben 124
11.2 Einwilligungserklärung 126
12. Danksagung 128
13. Lebenslauf 129
14. Eidesstattliche Erklärung 131

1. Einleitung

Durch Errungenschaften der Wissenschaft sind die Ätiologie und Pathogenese der Zahnkaries sowie der Parodontalerkrankungen immer besser erforscht. Der heutige Stand des Wissens erlaubt die Entwicklung von erfolgversprechenden evidenzbasierten Strategien in der Prävention dieser Erkrankungen. Dabei stellt eine effektive Plaquekontrolle in der Mundhöhle eine Schlüsselfunktion dar.

Epidemiologisch gesehen gehören Zahnkaries sowie Parodontalerkrankungen zu den bedeutsamsten Erkrankungen der Mundhöhle und stellen weltweit die meist verbreiteten Erkrankungen überhaupt dar. Über 95% der Bevölkerung von Industrienationen der Erde sind davon betroffen (WHO 1997, Petersen 2003).

Die Erkrankung der Zahnhartsubstanz - Karies - ist eine lokalisierte Erkrankung und primär bakteriell bedingt (Fejerskov und Kidd, 2008). *Orland et al.* (1954) untersuchten gnotobiotisch aufgezogene Ratten, die trotz kariogener Diät keine Karies in Abwesenheit von Mikroorganismen entwickelten (Orland et al.,1954 zit. n. Gängler et al., 2010). Dabei wurde die Bedeutung der Mikroorganismen als *conditio sine qua non* in der Ätiologie und Pathogenese der Zahnkaries untermauert.

Die Entstehung von Parodontalerkrankungen ist, wie auch die Karies, primär durch Mikroorganismen in der Plaque initiiert und begünstigt (Moore und Moore 1994; Marsh 1994, 2006). Eine länger anhaltende Akkumulation von Plaque auf gesunder Gingiva führt zunächst zur Gingivitis. *Löe et al.* zeigten 1965 durch ein Experiment, indem die Probanden ihre Mundhygiene einstellten, dass sich durch der akkumulierten Plaque eine Gingivitis entwickelte. Wie schnell sich eine Gingivitis manifestiert und in welchem Umfang diese zutage kommt, hängt dabei von der individuell unterschiedlichen Immunabwehr des Wirtsorganismus ab.

Die manifestierte plaqueassoziierte Gingivitis schließt akute und chronische Entzündungszeichen ein. Dabei kann sie auch zu ödematöser Exsudation sowie zu hyperplastischen Veränderungen der Gingiva führen und somit zur Bildung von Pseudotaschen, die eine Etablierung subgingivaler Plaque begünstigt.

Lindhe et al. 1973 und 1975 zeigten durch Tierexperimente an Beagle-Hunden, dass eine chronische Gingivitis in eine marginale Parodontitis übergehen kann, jedoch nicht zwangsläufig in eine marginale Parodontitis übergehen muss. Denn im Gegensatz zu einer marginalen Parodontitis beschränkt sich die plaqueinduzierte Gingivitis in ihrem Entzündungsgebiet auf den marginalen weichgeweblichen supraalveolaren Anteil des Zahnhalteapparates und kann bei Plaquekontrolle vollständig reversibel sein. Wohingegen die marginale Parodontitis eine Gruppe chronisch destruktiver entzündlicher Erkrankungen des Zahnhalteapparates umfasst, die in ihrem Infektionsverlauf durch Verluste von Parodontalgewebe geprägt sind und in ihrer Progression den Verlust des Zahnes nach sich ziehen kann (Gängler und Arnold, 2010).

Die Plaque-bildenden Bakterien und weitere in der Mundhöhle residierende Mikroorganismen sind jedoch in erster Linie physiologischer Natur und bilden eine Schutzfunktion für den Makroorganismus. Erst wenn die Aufrechterhaltung eines ökologischen Gleichgewichtes im Biotop Mundhöhle gestört ist bzw. der physiologische Zahnbelag in eine potentiell pathogene Plaque übergeht, ist bei zusätzlicher Mitwirkung multipler Faktoren die Entstehung chronisch infektiöser Erkrankungen, wie Karies und Parodontitis, wahrscheinlich (Marsh, 1994, 2006; Axelsson, 1991, 2004; Kolenbrander et al., 2007; Gängler et al., 2010). Durch regelmäßige tägliche Mundhygienemaßnahmen soll eine effiziente Plaquekontrolle eine ideale Vorlage zur Vorbeugung von Karies und Parodontalerkrankungen darstellen (Listgarten, 1994).

Die Ausdehnung der empfohlenen täglichen Mundhygienemaßnahmen durch Anwendung von ergänzenden Mundhygieneprodukten für „zwischendurch“ erweitert das Spektrum der individuellen Präventionsmaßnahmen gegenüber plaqueinduzierten Erkrankungen der Mundhöhle. Darauf basierend war Ziel der vorliegenden Studie, ein neuartiges experimentelles Mundhygieneprodukt dieser Art bezüglich seiner Reinigungseffizienz klinisch zu prüfen.

Dabei sollte das experimentelle Mundhygieneprodukt in zwei unterschiedlichen Varianten gegenüber einer Kontrollprobe bezüglich seiner Effektivität in der Plaquekontrolle verglichen werden. Hierbei wurde der planimetrische Plaque-Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) angewandt.

Die klinische Untersuchung fokussierte sich auf informierte Probanden mit sehr guter Mundhygiene, deren Einverständniserklärung und Einwilligung zur Geheimhaltung vorlag. Diese Probanden waren vorklinische Zahnmedizin-Studenten der Fakultät für Gesundheit der Universität Witten/Herdecke. Sie waren in der Ausführung einer professionellen Zahnreinigung sowie der Anwendung der Proben kalibriert worden.

Nach 72 Stunden Mundhygienekarenzzeit (*3-days-plaque-regrowth rate* nach *Claydon* und *Addy*, 1996) und Überprüfung des QHIs (Plaqueindex nach Quigley und Hein, 1962) wurden Proben des experimentellen Mundhygieneproduktes angewandt. Die erhobenen Daten wurden statistisch ausgewertet, basierend auf der Definition der Werte 0 und 1 des planimetrischen Index nach *Claydon* und *Addy* (1995).

2. Zielsetzung

Diese Studie sollte zur Eruierung der Plaquekontrolle eines neuartigen Polyurethan-Kauschaums als experimentelles Mundpflegeprodukt klinisch durchgeführt werden. Diese Studie ist als experimentelle klinische *cross-over* Studie zu verstehen.

Dabei sollte die Effizienz der Plaquekontrolle des vorliegenden experimentellen Mundhygieneproduktes in verschiedenen Probeausführungen definiert und verglichen werden.

Durch fotografische Dokumentationen, Auswertung der Bilder anhand des planimetrischen Indexes nach *Claydon* und *Addy* (1995) sowie statistische Evaluationen sollte eine Erfassung der Grenzen und Möglichkeiten der klinischen Plaquekontrolle des experimentellen Mundhygieneproduktes erreicht werden.

Die Ergebnisse dieser Studie sollten eine aussagekräftige Schlussfolgerung zur klinischen Relevanz der Plaquekontrolle des Polyurethan-Kauschaums als Mundpflegeprodukt erlauben, mögliche Fehlerquellen der durchgeführten klinischen Untersuchung aufdecken sowie durch Evaluation auf Optimierungsmöglichkeiten des Materials und/oder der Methodik hinweisen.

Die Ergebnisse dieser Studie sollten eine aussagekräftige Schlussfolgerung zu folgenden Themen liefern:

- Klinische Relevanz der Plaquekontrolle des Polyurethan-Kauschaums als Mundpflegeprodukt,
- Analyse zur Optimierungsmöglichkeit des experimentellen Mundhygieneproduktes,
- mögliche Fehlerquellen der durchgeführten klinischen Untersuchung aufdecken,
- Evaluation der angewandten Methodik „*3-day-plaque-regrowth rate*“ (Claydon und Addy, 1996) in der Gegenüberstellung der klinischen Aussage und der ethischen Begründung,

- Auswirkung des Studiendesigns, in dem das klinische Experiment nach einer festgelegten Reihenfolge sowie ohne Verblindung der Probanden durchgeführt wird, auf die Ergebnisse,
- Studienaufbau als experimentelle klinische *cross-over* Studie und deren Konsequenzen in der Gewichtung der Ergebnisse,
- die Aussagekraft des gewählten Planimetrie-Indexes (Claydon und Addy, 1995) in seiner Eignung zur Analyse von Mundhygieneprodukten für „zwischendurch“
- und schließlich Prüfung der Hypothese, dass das experimentelle Mundhygieneprodukt bezogen auf die Zahnflächen im lingualen sowie vestibulären Bereichen seine größte Reinigungswirkung entfaltet.

3. Literaturübersicht

3.1. Ätiologie und Pathogenese

Die mikrobielle Mundhöhlenbesiedlung umfasst unterschiedliche Mikroorganismen, die in einer dynamischen Homöostase zueinander entsprechend in Beziehung stehen. Die Besiedlung des menschlichen Körpers durch Mikroorganismen ist physiologischer Natur und hat im Sinne einer Symbiose durchaus mannigfaltige positive Einflüsse auf den Menschen und dessen Gesundheit.

Die Mikroorganismen in der Mundhöhle haben für den Menschen weitgehend eine Schutzfunktion. Solche Mikroorganismen dienen nicht nur als Reservoir zur Besiedlung des Magen-Darm-Trakts, sondern sind auch an Auslösungsprozessen von Immunreaktionen und Stimulation von Wundheilungsprozessen beteiligt. Durch Besiedlung von ökologischen Nischen bilden kommensale Mikroorganismen in der Mundhöhle positive Biofilmbedingungen, die eine Kolonisationsbarriere gegenüber phlogogenen Transitkeimen oder Pilzen bilden sowie das Wachstum von Fremdorganismen durch kompetitiven Verbrauch essentieller Nahrungsangebote und Produktion von Hemmfaktoren verhindern (Darveau et al., 2000; Gängler et al., 2010).

Mikroorganismen bilden in der Mundhöhle mikrobielle Formationen. Dies geschieht durch Interaktion der einzelnen planktonischen/freischwimmenden Mikroorganismen, die sich durch chemischen Signalaustausch koordinieren und bei möglicher mutualistischer Symbiose durch Bildung von Adhesin- und Rezeptoren-Bindung Gemeinschaften eingehen. Das Konfluieren der entstandenen Mikrokolonien zu einer Einheit beschreibt die Entwicklung eines physikochemisch adhärenten Biofilms und der Zahnplaque. Dabei wird die Integrität dieser Gemeinschaften stets durch intermikrobielle Adhäsion, Kommunikation, „Quorum sensing“ sowie Austausch von chemischen Signalen, Metaboliten und toxische Produkte aufrecht erhalten (Kolenbrander et al., 2006; Jakubovics und Kolenbrander, 2010; Wright et al., 2013).

„Quorum Sensing“ bezeichnet die Fähigkeit von Mikroorganismen, in Abhängigkeit von der Konzentration an Signalmolekulen ihren Phänotyp zu verändern, um sich ihrer Umgebung anzupassen. Die Reaktion der Rezeptoren eines

Mikroorganismus gegenüber einem Signalmolekül ist stammspezifisch. Hierdurch wird eine Synchronisation der Genexpression innerhalb einer mikrobiellen Gemeinschaft erreicht. In einer Biofilm-Formation sichern Mikroorganismen einander ihre Existenz und sind in der Folge gemeinsam resistenter gegenüber Angriffen vonseiten des Immunsystems des Wirtes als auch gegenüber dem Einfluss antibiotischer Substanzen (Hoyle und Costerton, 1991; Leid et al., 2005; Wright et al., 2013).

Eine Verschiebung dieses Gleichgewichtes in einem ubiquitären Biofilm aus dem eubiotischen Zustand heraus zugunsten bestimmter, stets in der Mundhöhle residierender Bakterienarten führt - ohne mögliche klare Abgrenzung - zu dysbiotischen Verhältnissen. Ein solcher Wandel begünstigt die Initiation opportunistischer Infektionen in der Mundhöhle, die pathologische Veränderungen an Zahnhartsubstanz sowie am Parodontium mit sich ziehen können (Liljemark und Bloomquist, 1994; Gängler et al., 2010; Berezow und Darveau, 2011; Palmer et al., 2011).

Zaura beschreibt 2012 ein modernes Verfahren (*next generation sequencing technology*), wodurch ein umfassendes Profil der mikrobiellen Plaque erfasst und analysiert werden kann. Es wird für die Zukunft erhofft, hierdurch mehr Erkenntnisse und effektivere Präventionsstrategien hinsichtlich der plaqueinduzierten Mundhöhlenerkrankungen zu gewinnen.

Jedoch nicht nur die Prävalenz von potentiellpathogenen Keimen bestimmt die Ätiologie und Pathogenese der Zahnkaries wie auch die der Parodontalerkrankungen. 1962 beschrieb *Keyes* die Zahnkaries als multifaktoriellen Vorgang, bei dem 3 Kausalfaktoren obligat vorhanden sein müssen: Mikroorganismen, Wirt und Substrat (Nahrung). *König* ergänzte 1971 den von *Keyes* vorgestellten „Kariesursachenkomplex“ um einen vierten Faktor, nämlich um den Faktor „Zeit“ und formulierte damit das bis heute gültige Grundmodell der Kariesätiologie (Abbildung 1). Fehlt eine dieser Bedingungen, so entsteht keine Karies.

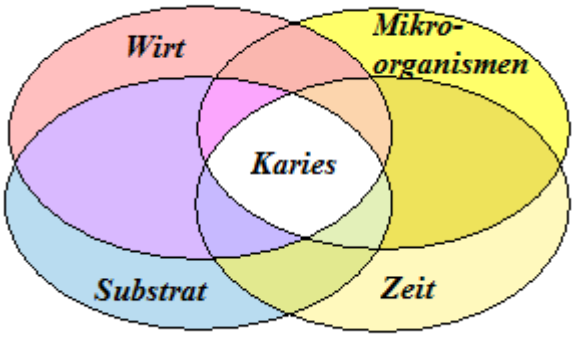


Abbildung 1: Schemazeichnung des modifizierten „Kariesursachenkomplexes“ nach *König* , 1971 (Zimmer, 2000).

Das Wissen um die Entstehung sowie Progression einer kariogenen Läsion wurde seitdem um viele weitere anerkannte modifizierende sekundäre Faktoren erweitert. Dazu zählen unter anderem der Einfluss von Speichelfluss und -zusammensetzung (Bardow et al., 2003; Tenovuo, 2002), sozioökonomischer Status (Petersen, 2005; Sabbah et al., 2007), Bildungsstand (Paulander et al., 2003; Micheelis und Schiffner, 2006) sowie Einsatz von Fluoriden (Zimmer, 1997, 2001; Bradshaw et al., 2002; Marquis et al., 2003); was zusammen genommen zu einem komplexeren Modell führte. Die Zahnkaries ist aus heutiger Sicht ein komplexes, multikausales, polymorphes Geschehen.

Fejerskov und *Manji* stellten 1990 ein Modell der Kariesätiologie und -Pathogenese vor, indem innere von äußeren Aspekten differenziert werden. Bei den inneren Aspekten handelt es sich um Determinanten, die die Kariesentwicklung auf Mikroebene der Zahnoberfläche beeinflussen, wohingegen die äußeren Aspekte Determinanten auf Individual- und/oder Populationsebene umfassen.

Das Risiko für Karies variiert stark für verschiedene Bevölkerungsgruppen, Altersgruppen, Einzelpersonen, Zahngruppen und sogar Zahnflächen. Deshalb sollten die individuellen kariespräventiven Maßnahmen, basierend auf Risikoabschätzung - in allen Facetten von Altersgruppen bis hin zu den einzelnen Zahnflächen - abgestimmt werden (Axelsson, 2006).

Durch die physiologische Unterbrechung der auskleidenden Schleimhautbedeckung der Mundhöhle durch Zähne, wird nicht nur eine bakterielle Besiedlung der

intraoralen mukosalen Oberfläche, sondern auch die der Zahnoberfläche relevant. Im Gegensatz zur Mundschleimhaut besitzt die Zahnoberfläche nicht die Fähigkeit zur Abschilferung und erleichtert somit die Entwicklung eines physikochemisch adhärenten Biofilms und der Zahnplaque durch Mikroorganismen (Kolenbrander et al., 2002, 2006; Dörfer, 2010).

Auch die Wahl der Nahrungsmittel sowie die Frequenz der Nahrungsaufnahme beeinflusst die Plaquebildung (Touger-Decker und Loveren, 2003). In der *Hopewood-House* Studie (Lilienthal et al., 1953) wurden bei Heimkindern, die kaum zuckerhaltige Ernährung zu sich nahmen, weniger kariöse Defekte festgestellt, als bei einer Vergleichsgruppe aus Kindern mit „normaler“ Ernährung. Während in der *Vipeholm* Studie (Gustafsson et al., 1954) der Einfluss niedermolekularer Kohlenhydrate auf die Kariesentwicklung in Abhängigkeit von der Frequenz der Aufnahme und der Klebrigkeit der Zwischenmahlzeiten nachgewiesen wurde. Es kam zu erhöhter Karieszunahme über die Jahre in den Gruppen, in denen die Probanden zusätzlich zu ihren Hauptmahlzeiten klebrige Zwischenmahlzeiten über den Tag verteilt zu sich nahmen, im Vergleich zur Kontrollgruppe mit zuckerarmer Ernährung ohne Zwischenmahlzeiten.

Die bakterielle Zahnplaque ist eine nicht mineralisierte Ablagerung als Produkt bakterieller Kolonisation und Proliferation, die eine histologische Struktur aufweist, welche eine feste Adhärenz auf der Zahnoberfläche ermöglicht (Listgarten, 1994). Die Formationen der Mikroorganismen in der Plaque bestehen aus organisierten Biofilm-Einheiten, die im Sinne einer Symbiose gemeinsam ihre Existenz sichern (Marsh und Bradshaw, 1995; Darveau et al., 2000; Wolf und Rateitschak, 2004; Marsh, 2006; Wright et al., 2013).

Die Zahnplaque bildet sich unmittelbar auf der von Pellikel überzogenen Zahnoberfläche. Die Pellikel besteht vorwiegend aus Speichelglycoproteinen und Mucopolysacchariden und bildet sich auf den Zahnoberflächen, die dem Speichel ausgesetzt sind (Marsh und Bradshaw, 1995).

Die ersten Mikroorganismen, auch Pionierbakterien genannt, haften anfangs durch *van der Waals*- sowie elektrostatische Kräfte und später auch durch Wasserstoffbrückenbindungen an der Pellikel. Nach der initialen bakteriellen

Adhäsionen folgen Anlagerungen und Anhaftung weiterer Mikroorganismen, die über Kovalente- und Ionen-Bindungen sowie elektrostatische Interaktion Halt finden. Es entsteht anfangs Mikrokolonien, die ferner durch Bildung von intra- sowie extrazellulären Polysacchariden, die Stabilität der Plaque nochmals kräftigen (Skopek und Liljemark, 1994; Kolenbrander et al., 2002).

Durch Kationenbindungen stellen die sezernierten extrazellulären Polysaccharide bestimmte pH-Wert-Niveaus in der Zahnplaque sicher. Die ersten pH-Wert-Messungen am Zahn durch *Stephan* und *Miller* zeigten bereits, dass an plaquefreien Zahnoberflächen, die vom direkten Einfluss der Plaque und die damit verbundene Säurebildung ausgenommen sind, keine Karies durch Demineralisationsprozesse entstehen kann (Stephan und Miller, 1943 zit. n. Gängler et al., 2010).

Diese Mikroorganismen verstoffwechseln unter anderem niedermolekulare Kohlenhydrate (Substrat) zum Teil zu organischen Säuren, was zu einem Abfall des pH-Wertes in lokalisierten Bereichen der Plaqueschicht führt. Ab einem kritischen pH-Wert-Abfall in der Plaqueschicht kommt es zu Solubilisierung des Hydroxylapatits (Zimmer, 2000; Dawes, 2003; Gängler et al., 2010). Infolgedessen lösen sich Calcium- und Phosphat-Ionen aus der Zahnoberfläche (Wirt) und wandern in die bakterielle Plaque und Speichel als Sättigungsausgleich (Demineralisation).

Die Neutralisierung des pH-Wertes der Plaque wird unter anderem durch die Pufferkapazität des Speichels erreicht (Edgar und Higham, 2004). In der Folge kehrt der pH-Wert gegen neutral zurück, die Plaqueschicht ist mit Calcium- und Phosphat-Ionen übersättigt, so dass ein umgekehrter Ionen-Fluss zurück in den Schmelz stattfindet (Remineralisation).

Dieser ständige Wechsel zwischen De- und Remineralisation ist die Basis des heutigen, dynamischen Karieskonzeptes. Bei einer Störung des Ionengleichgewichts durch mikrobielle Veränderungen, alimentäre Einflüsse sowie Wirtsfaktoren kann es zu pathologischen Prozessen kommen, die als Veränderung der Löslichkeit des Hydroxylapatits und abhängig vom Milieu an der Schmelz- und Dentinoberfläche zu verstehen ist (Levine, 1977; Fejerskov und Nyvad, 2003; Gängler et al., 2010).

Erst wenn die Plaque lange Zeit am Zahn haftet und keine Neutralisation durch den Speichel mehr stattfinden kann, könnte zunächst eine Präkaries sich entwickeln, die initial mikroskopisch begrenzt ist. Persistiert die Demineralisation, kann die Läsion voranschreiten, makroskopisch sichtbar werden und letztendlich zur Kavitation mit progredientem irreversiblem Zahnhartsubstanzverlust - im Sinne einer manifesten Karies - führen (Levine, 1977; Silverstone et al., 1977).

Die Kariespathogenese sowie das Voranschreiten resultierender Gewebedestruktionen werden von Progressionsschüben und Stagnationsphasen multifaktoriell moduliert (Gängler, 1985; Gängler et al., 2010). Überwiegt die Demineralisation über längere Zeiträume, kann die Karies über infektiöse chronisch-destruktive Prozesse in weitere Abschnitte des Endodonts und des apikalen Parodonts vorschreiten (Hellwig et al., 2003; Fejerskov, 2004; Gängler et al., 2010).

Karies kann im Grunde alle Flächen der Zahnhartsubstanz befallen, die in die Mundhöhle hineinragen. Dazu gehört auch die Wurzeloberfläche des Zahnes, wenn diese freiliegt. Auf der Zahnoberfläche entsteht selten Karies an den Glattflächen der Zähne - mit Ausnahme der approximalen Glattflächen (Smukler, 1989) - sondern bevorzugt an Risikostellen, sogenannten Kariesprädilektionsstellen. An diesen Stellen ist die Kariesentstehung durch erschwerte mechanische Plaquekontrolle sowie eingeschränkte Selbstreinigung der Mundhöhle begünstigt, wie beispielsweise an den Zahnfissuren und -grübchen, Zwischenzahnflächen, Zahnhälsen, *Foramen caecum dentis* an den oberen Schneidezähnen und auch an insuffizienten Füllungs- sowie Kronenrändern.

Die Flächenausdehnung und Schichtstärkenzunahme der Plaque wird zusätzlich durch die Vermehrungsteilung der Mikroorganismen immer weiter begünstigt, die einen abfallenden Sauersoffgradienten bedingt und die Entstehung eines anaeroben Milieus in der Tiefe der Plaque mit sich zieht. Hierdurch kommt es zur Verschiebung der bakteriellen Komposition mit der Maturation der Zahnplaque (Theilade et al., 1966; Syed und Loesche, 1978; Haffajee et al., 2009).

Wenn die supragingivale Plaque am Zahnfleischsaum am Übergang der Zahnoberfläche zur Gingiva länger anhaftet und potential pathogen wird, kommt es an dieser Stelle durch Angriffe der Mikroorganismen aus der Plaque zu komplexen

Entzündungsreaktionen des Bindegewebes der Gingiva (Gingivitis) und damit zur Auflockerung des Saumepithels. Mikroorganismen können in dieser Phase zwischen Zahn und Epithel in den subgingivalen Bereich vordringen. Dabei ist unter anderem die Pathogenität bzw. Virulenz der Mikroorganismen (Müller, 2001) sowie das vorherrschende Milieu im Sulcus (Mombelli et al., 1991) von Bedeutung.

Im subgingivalen Bereich kann es durch Stoffwechselprodukte der bakteriellen Proliferationen zu erhöhter Abgabe von bakteriellen Toxinen kommen, die zu direkter Destruktion des Parodontalgewebes führen könnten. Der Angriff führt zur Provokation der immunologischen Wirtsantwort. In den Entzündungsbereichen werden in der Folge große Mengen verschiedenster Zytokine ausgeschieden, um die Immunantwort des Wirtes zu steigern. Verschiebung der residierenden mikrobiellen Komposition verändert die Zusammensetzung der freigesetzten bakteriellen Reize, die entsprechend die Wirtsabwehr determinieren. Dabei wird das Ausmaß des Entzündungsprozesses und zugleich die damit verbundene Dimension der Destruktion - unterwandert von lokalen Komponenten sowie der genetischen Disposition des Wirtes - im Sinne einer opportunistischen Erkrankung moduliert (Page und Kornman, 1997).

Bei Personen mit Prädispositionen kann es jedoch in der Feineinstellung des Umfangs der Immunabwehrreaktion zu einer unverhältnismäßigen Abwehrreaktion (überschießend oder defekt) kommen. Bei einer überschießenden Abwehrreaktion kann es zu zusätzlichen pathologischen gewebsabbauenden Prozessen kommen, die wiederum zusätzliche indirekte selbstinitiierte Destruktionen des Parodontalgewebes mit sich ziehen können (Listgarten, 1987; Schluger et al., 1990; Darveau et al., 2000).

Bei weiterer Progression führen parodontale Destruktionen zum Attachmentverlust, welcher lokalisiert oder generalisiert auftreten kann. Die marginalen Parodontitiden können als chronische wie auch aggressive Parodontitis vorkommen und sind entsprechend klassifiziert worden (Armitage, 1999). Eine klare klinische Differenzierung zwischen chronischer und aggressiver Parodontitis gestaltet sich jedoch oftmals schwierig, da eine chronische Parodontitis in ihrem Verlauf sowohl von lokalisierter als auch von generalisierter aggressiver Parodontitis überlagert werden kann. Die Anfangsphase der aggressiven Parodontitis beginnt häufig mit

lokalisierten Entzündungszeichen an Molaren und Schneidezähnen bei nachweislich dünnem Biofilm. Im Gegensatz dazu ähneln die klinischen Entzündungszeichen bei generalisierter aggressiver Parodontitis denen der chronischen Parodontitis, so dass das Erkrankungsalter und die Familienanamnese wichtige Unterscheidungsmerkmale zur Diagnose oder Klassifizierung darstellen (Armitage und Cullinan, 2010).

Das Vorhandensein von genetischen Risikofaktoren, systemischen Erkrankungen (beispielsweise *Diabetes mellitus*) sowie erworbenen Risikofaktoren (beispielsweise das Rauchen) beeinflussen entsprechend den Verlauf der Parodontalerkrankung und wirken verschlechternd auf die Prognose (Gottsegen, 1990; Clarke und Hirsch, 1995; Axelsson et al., 1998; Wolf und Rateitschak, 2004).

Eine wichtige Übereinstimmung aller klinisch differenzierbaren Formen der Parodontalerkrankungen ist die positive Reaktion auf unspezifische Reduktion der Quantität des subgingivalen Mikroorganismen-Reservoirs (Lindhe und Nyman, 1975). Diverse Untersuchungen untermauern den positiven Einfluss der Steigerung supragingivaler Plaquekontrolle auf die subgingivale mikrobielle Besiedlung und verzeichnen Verbesserungen klinischer gingivaler sowie parodontaler Parameter (Lang et al., 1973; Axelsson et al., 1991; Dahlén et al., 1992). *Albandar et al.* (1995) stellten hingegen in ihrer 3-jährigen Studie fest, dass supragingivale Plaquekontrolle keine wesentliche Auswirkung auf die Progression von Parodontalerkrankungen ausüben.

3.2. Mundhygiene und Mundhygienehilfsmittel

Der wichtige Begriff „Prävention“ (lateinisch: *praevenire* = zuvorkommen, verhüten) ist derzeit in der Medizin - somit eben auch in der Zahnmedizin - offenbar ein hochaktuelles Thema. Die Krankheitsvermeidung durch Vorbeugung bzw. Prophylaxe (von altgriechisch: προφύλαξ) ist keine Neuentdeckung der modernen Medizin; so wurde sie beispielsweise bereits vor mehr als 2000 Jahren von Hippokrates (460-377 vor Christus) empfohlen.

Nach dem heutigen Stand der Wissenschaft ist im Rahmen der Prävention diverser Mundkrankheiten entsprechende Mundhygiene unerlässlich. Der Begriff „Hygiene“ selbst ist vom Namen der Göttin „Hygieia“, die in den Vorstellungen der griechischen Mythologie als Bewahrerin der Gesundheit gilt, ableitbar. Das Bedürfnis nach befriedigend gesteigerter Mundhygiene ist bereits bei den verschiedensten alten Kulturvölkern nachgewiesen. So haben Menschen über einen Zeitraum von tausenden von Jahren auf der Suche nach entsprechender Problemlösung - je nach Nation und Kultur - die verschiedensten Hilfsmittel entdeckt bzw. entwickelt.

Bereits der griechische Arzt *Diokles* von Karystos (zwischen dem 4.-3. Jahrhundert vor Christus) empfahl, die Zähne nach dem Aufstehen mit den Fingern sowie mit Saft zerriebener Minze zu reinigen. Die antiken Römer reinigten ihre Zähne, indem sie mit einem bestreuten Stoffläppchen mit feinem Reinigungspulver aus Bimsstein und Marmorstaub über die Zahnflächen rieben (Lässig und Müller, 1983).

3.2.1. Miswak/Siwak

Archäologische Funde zeigen, dass die Menschen im alten Ägypten (etwa 3000 vor Christus) dünne Holzstücke, an einem Ende durch Zerkauen zerfasert, zur Reinigung der Zähne „zwischendurch“ benutzten. Noch heute - vor allem in den arabischen Ländern - ist das Benutzen eines Zweiges der Zahnholzpflanze/*Salvadora persica* (Abbildung 2) fest in der Religion verankert. Der Prophet *Mohammed* (570-632 nach Christus) lehrt, dem muslimischen Glauben nach, in seinen Schriften den Gebrauch dieses Miswaks (Lässig und Müller, 1983).

Abbildung 2: Miswak/Siwak: Das Miswakende wird vor der Anwendung von der Rinde befreit. Meist wird die Rinde mit einem scharfen Messer rundum angeschnitten und abgezogen (oberer Miswak). Bei vakuumverpackten Miswaks kann das Entfernen der Rinde sogar durch Abkauen der Rinde ohne Hilfsmittel erfolgen (unterer Miswak). Vakuumverpackte Miswaks behalten besser ihre Feuchtigkeit im Vergleich zu den an der Luft trocknenden Miswaks, die auf den traditionellen Märkten angeboten werden. Die freigewordenen Holzfasern werden angekaut bis diese auffassern. Das aufgefaserte Miswakende wird dann zur Zahnreinigung angewendet.

Diverse Studien setzten sich mit dem Miswak - oder auch Zweig der Zahnholzpflanze - auseinander und zeigten auf, dass dieser Zahnreinigungsgegenstand bei der Plaqueentfernung genauso effizient wie die Zahnbürste sein kann. Die Wirksamkeit wird erklärt durch den kombinierten Effekt der mechanischen Reinigung sowie durch pflanzliche Wirkstoffe geförderte Salivation. Es wurde zudem angenommen, dass antimikrobielle Substanzen, die natürlicherweise die Pflanze gegen verschiedene eindringende Mikroorganismen oder Parasiten schützen, sich ebenfalls für die Mundhöhle eignen, um den Patienten vor potentialpathogenen Keimen zu schützen (Wu et al., 2001; Sofrata et al., 2008; Al-Obaida et al., 2010).

Al-Hakim stellte in seiner klinischen Studie 2003 fest, das bei sorgfältiger Reinigung der Zähne mit Miswak eine vergleichbare Plaqueentfernung wie durch Anwendung einer Zahnbürste zu erreichen ist.

In Saudi Arabien führten *Al-Otaibi et al.* 2004 eine Studie durch, in der die Effektivität der Plaquekontrolle sowie der Zustand der gingivalen Gesundheit zwischen einer Zahnbürsten-Gruppe und einer Miswak-Gruppe untersucht und verglichen wurde. Zusätzlich wurde der Effekt der Zahnbürste wie auch der des Miswaks hinsichtlich des jeweiligen Einflusses auf subgingivale mikrobielle Besiedlung verglichen. Bei den Untersuchungsergebnissen aus der Reinigungsphase der Forschungsarbeit von *Al-Otaibi et al.* (2004) stellte sich heraus, dass der Miswak signifikante Reduktionen der Plaque- und Entzündungswerte bewirkte und somit gleichwertig gegenüber der Zahnbürste anzusehen sei.

In einer aktuellen Studie an Patienten mit leichter und moderater marginaler Gingivitis wurde signifikante Verbesserung der Plaque- und der Gingiva-Indizes verzeichnet bei Anwendung von Miswak als Ergänzung zum herkömmlichen Zähneputzen im Gegensatz zur Mundhygiene ausschließlich durch Miswak-Anwendung oder herkömmliches Zähneputzen (Patel et al., 2012).

Die mannigfaltigen Zahnholzpflanzensorten mit ihren variablen Biotopen unterscheiden sich in der Komposition ihrer Wirkstoffe. Es sind auch nicht alle dieser Pflanzenarten überall heimisch und verfügbar, wie *Cole et al.* (1981) ausführen. Die naturgegebenen Eigenschaften der entsprechenden Pflanzen, in Konsistenz wie auch chemischer Beschaffenheit, sind entsprechend einer unabsehbaren Anzahl von Umwelt- und Wuchseinflüssen letztendlich nicht verlässlich berechenbar; vor allem in Hinsicht auf chemische Einflüsse (z.B. Dosierung, Nebenwirkungen, zusätzlich aufgenommene Umweltchemikalien) wie auch auf Konsistenz-Faktoren (z.B. Brüchigkeit/Splitter, Abrieb).

Trotz Weiterentwicklung moderner Utensilien zur Ausführung der Mundhygiene haben sich bis dato - vor allem in den Entwicklungsländern - althergebrachte Mundhygienemaßnahmen aus traditionellen Gründen und nicht zuletzt auch aus Kostengründen weiter erhalten (Abbildung 3).

Abbildung 3: Miswak/Siwak heutzutage modern vakuumverpackt (Sewak Al-Falah®, Al-Falah Impex, Karachi, Pakistan).

Ungeachtet dessen, dass es an ermutigenden Studien nicht mangelte, hat sich der Einsatz solcher spezieller Zahnhölzer offenbar in der westlichen Welt nicht durchgesetzt. Was nicht zuletzt mit den oben ausgeführten Berechenbarkeitsfaktoren, möglicherweise aber auch mit der tendenziell langen Dauer der Benutzung zusammenhängen mag. Zit. n. *Cole et al.* (1981): „Das Reinigen der Zähne dauert gewöhnlich ca. 10 Minuten; …“.

3.2.2. Zahnbürste

Ähnlich wie Miswak als Mundhygienehilfsmittel ist auch die Zahnbürste kein neu erfundenes Utensil zur Mundhygiene. Aus den archäologischen Funden weiß man von einer der ersten Zahnbürsten mit Borsten aus China um 1500 nach Christus. Auch in Lübeck wurde ein zusammenmontiertes Reinigungsset aus Knochen entdeckt, bestehend aus einer Zahnbürste, einem Ohrlöffel sowie einem Zahnstocher, datiert um 1500 nach Christus. In Minden, Westfalen, wurde bei einer archäologischen Ausgrabung 2005 eine 300 Jahre alte Zahnbürste entdeckt (Abbildung 4).

Abbildung 4: Von links nach rechts: 300 Jahre alte Zahnbürste aus Minden, zwei Exemplare aus dem 19./20. Jahrhundert aus dem Raum Bielefeld, einfaches Exemplar einer manuellen modernen Zahnbürste (mit freundlicher Genehmigung des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe, Foto: Brentführer).

Diese Vorläufer der modernen Zahnbürste waren anfangs Luxusartikel. Der Engländer *William Addis* gründete um 1780 die erste Firma, die industriell Zahnbürsten herstellte. Diese Luxusartikel bestanden aus Rinderknochen und -haaren. Erst hunderte Jahre später, mit der industriellen Entwicklung, wurden maschinell angefertigte Zahnbürsten für die breite Masse in der Gesellschaft erschwinglich (Lechner, 2009).

Bei der Zahnbürstenherstellung kamen anfangs Tierborsten zum Einsatz, wobei sich in den feinen Kanälchen der Tierhaare Bakterien ungestört einnisten konnten. Schließlich erfand der Chemiekonzern *Du Pont* 1937 das Nylon und leitete damit den Beginn der Kunststofffaserentwicklung ein. Im Jahre 1938 wurden Zahnbürsten mit Nylonborsten unter den Namen „Dr. West's Miracle Tuft" in den Markt eingeführt. Doch erst seit etwa 1950 begann die Entwicklung und Herstellung vorteilhafter weicherer Nylonborsten zur Anwendung als Zahnbürste.

Die optimale Gestaltung der Zahnbürste forderte im Laufe der Geschichte die verschiedensten Überlegungen heraus. Unter anderem formulierte *Bass* 1948 seine Kriterien, die sich von einer heutigen Standard-Handzahnbürste (Abbildung 5) nur geringfügig unterscheiden. Dazu gehörte die Form des Bürstengriffes, der einfach und

gerade sein sollte. Dabei sollte die Gesamtlänge der Handzahnbürste von 15,25cm nicht überschritten werden. Der Borstenkopf soll eine Breite von 11,1mm aufweisen und die Borstenlänge sollte 10,3mm betragen. Jede Borstenreihe sollte aus gleichmäßig angeordneten 6 Borstenbüscheln bestehen, wobei jeder Büschel 80 Nylonborsten enthielt. Die einzelnen Nylonborsten sollten abgerundet sein und einen Durchmesser von 0,18mm aufweisen, die gemeinsam ein planes Borstenfeld bildeten. *Bass* empfahl zudem die Herstellung von Kinderzahnbürsten in entsprechend angepasster Dimension.

Abbildung 5: Beispiel einer Standard-Handzahnbürste der heutigen Ära, Oral-B® Indicator®, Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika.

Erstmals wurde in Deutschland 1988 die Gestaltung der Handzahnbürste von dem Deutschen Institut für Normung e.V. festgelegt (DIN 13917-1), jedoch später revidiert und nach den neusten Erkenntnissen aktualisiert.

Bereits 1970 stellten *Scully* und *Wade* fest, dass eine Kurzkopfzahnbürste motorisch handlicher und effizienter in der Plaqueentfernung sei. Bis in die heutige Zeit sind Kurzkopfzahnbürsten mit engem (sog. *multi tufted*) Borstenbüschelabstand die optimale Wahl unter den Handzahnbürsten. Auch die Ergonomie des Bürstengriffes erlebte einen Wandel entsprechend der Erkenntnis, dass abgewinkelte Griffe signifikant bessere Reinigungsergebnisse aufweisen im Gegensatz zu gerade gestalteten Griffen (Finkelstein und Grossman, 1984). Diverse Studien haben moderne Zahnbürstenkopf-Gestaltungen und klassische Standard-Gestaltung gegenübergestellt und bestätigen die Überlegenheit des Ersteren (Sharma et al., 1992; Zimmer, 2003; Barnes et al., 2009).

Die Einhaltung geeigneter Anwendung von Zahnbürsten zur Plaquekontrolle variiert interindividuell (McCracken et al., 2005). Dabei ist nicht die Putztechnik ausschlaggebend, sondern vielmehr die Qualität der erreichten Plaquekontrolle (Bellini et al., 1981). *Staufer* (2011) verglich unterschiedliche Putztechniken mittels Handzahnbürsten und stellte fest, dass die Wahl der Putztechnik weder bei den Probanden noch in seiner Roboterstudie einen signifikanten Einfluss auf den Putzerfolg hatte.

Zur Steigerung der Reinigungseffizienz häuslicher Mundhygiene wurde die elektrische Zahnbürste entwickelt. Die erste erfolgreiche elektrische Zahnbürste wurde bereits 1939 in der Schweiz konzipiert und Anfang des 20. Jahrhunderts unter dem Namen „Broxodent“ erstmalig vermarktet. In dem darauf folgenden Jahrzehnt nahm die Entwicklung und Produktion von elektrischen Zahnbürsten rasant zu und eroberte den Markt mit einer Vielzahl von neuen Modellen.

Moderne elektrische Zahnbürsten können nach dem erzeugten Bewegungsmuster unterschieden werden. Mechanische Bewegungen des Bürstenkopfes können durch Seitwärts- sowie Rotationsbewegungen, durch Oszillation, durch schall- sowie ultraschallinduzierte Schwingungen und/oder durch Kombination dieser Eigenschaften motorgetrieben erzeugt werden (Cochrane Review: Deacon et al., 2010).

Robinson et al. (Cochrane Review 2005) verglichen in einer Meta-Analyse manuelle und elektrische Zahnbürsten, die nach deren Wirkungsweise kategorisiert wurden. Sie stellten fest, dass elektrische Zahnbürsten mit kombinierter Rotation/Oszillation-Bewegung statistisch signifikant effektiver Plaque und Gingivitis reduzieren als eine Handzahnbürste. Unter den eingeschlossenen Studien in dieser Meta-Analyse waren hingegen Untersuchungsergebnisse dabei, wie die Studie von *Yankell* und *Emling* (1997), die keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Plaquentfernung durch eine rotierend-oszilierende Zahnbürste gegenüber einer Handzahnbürste feststellen konnten. Des Weiteren konnten in der Analyse keine konsequenten Ergebnisse festgestellt werden, die eine Überlegenheit elektrischer Zahnbürsten gegenüber Handzahnbürsten bestätigen. Auch *Haffajee et al.* (2001) konnten in ihren Untersuchungen keinen Unterschied in der Reinigungswirkung zwischen einer elektrischen und manuellen Zahnbürste feststellen.

Elektrische Zahnbürsten mit Schalltechnologie erzeugen elektromagnetische Schwingungen, die über den piezoelektrischen Effekt betrieben werden. Die dabei erzeugten Schwingungen setzen die Borsten in vibrierende Bewegungen mit einer Frequenz im Schallbereich um. Die neueste Entwicklung auf diesem Gebiet stellen die Ultraschall-Zahnbürsten dar, die noch höhere Schwingungen (über 20 kHz) erzeugen. Schall-, Ultraschall- und kombinierte Schall-Ultraschall-Zahnbürsten weisen keinen signifikanten Vorteil in der Reduktion von Plaque und Gingivitis im Vergleich zu Handzahnbürste auf (Cochrane Review: Robinson et al., 2005; Denda, 2011; May, 2013).

Zu den elektrischen Zahnbürsten gehören auch die sogenannten ionischen Zahnbürsten. Diese erzeugen keine eigene mechanische Bewegung, sondern erreichen eine gesteigerte Plaquekontrolle durch Veränderung der Polarität auf der Zahnoberfläche. Durch Aktivierung des Batteriebetriebes der ionischen Zahnbürste, werden Anionen abgegeben, die die Bakterienadhäsion an der Zahnoberfläche löst (Swol et al., 1996).

Manuelle sowie elektrische Zahnbürsten sind im Grunde alle wirksam zur Erlangung suffizienter Plaquekontrolle, sofern diese optimal gestaltet sind und vor allem ordnungsgemäß verwendet werden (Haffajee et al., 2001; Costa et al., 2010).

Das breit gefächerte Angebot unterschiedlicher Varianten von Zahnbürsten verdeutlicht die Bemühung des Markts, den hohen Stellenwert der Nachfrage nach der ”richtigen“ Zahnbürste, die eine möglichst optimale Plaquereduzierung individuell erlaubt, zu erfüllen (Abbildung 6 und 7).

Abbildung 6: Unterschiedlicher Varianten von Zahnbürsten (von links nach rechts):

1. Oral-B® Stages® 2 (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
2. Oral-B® Stages® 4 (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
3. Colgate® 360°-Surround® (Colgate-Palmolive Company, New York, Vereinigte Staaten von Amerika),
4. Oral-B® Pro-Expert Premium Pro-Flex (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
5. Oral-B® Ortho (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika) und
6. Oral-B® Prothesenbürste (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika).

Abbildung 7: Unterschiedlicher Varianten von elektrischen Zahnbürsten (von links nach rechts):

1. Bürstenköpf Oral-B® Ortho (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
2. Oral-B® Professional-Care7500® mit Bürstenkopf Oral-B® Flexi-Soft® (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
3. Bürstenkopf Oral-B® MicroPulse (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
4. Bürstenkopf Oral-B® Precision Clean (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
5. Oral-B® Trizone® (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
6. Bürstenkopf Oral-B® 3D White (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
7. Bürstenkopf Oral-B® Interspace (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika),
8. Bürstenkopf Oral-B® Sensitive (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika) und
9. Oral-B® Pulsonic (Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika).

3.2.3. Mundhygieneprodukte für „zwischendurch“

Da das ausführliche Zähneputzen nicht überall praktikabel erscheint, aber dennoch das Bedürfnis zur Befreiung der Zahnoberfläche von Plaque und die Erlangung des damit verbundenen „Frische-Gefühls“ zu erreichen besteht, bietet sich die Entwicklung effektiver ergänzender Mundhygiene für „zwischendurch“, vor allem mit mobiler Anwendung, immer mehr an (Abbildung 8).

Abbildung 8: Automaten für Kaubare Zahnbürste „Fuzzy Brush“® (Fuzzy Brush Ltd., London, Großbritannien) in den Sanitärräumen des Düsseldorfer Flughafens zur „mobilen“ Anwendung.

Die Entwicklung der Mundhygieneprodukte mit mobilem Charakter für „zwischendurch“ nehmen mit dem Fortschritt der Zivilisation neue Formen an. Die Anwendung solcher Produkte kann auf variablen Motivationen basieren, vom Bestreben, öfter Plaque zu reduzieren, störende Speisereste zu entfernen, Halitosis zu vermeiden, optimale Bioverfügbarkeit von Fluoridionen zu gewährleisten bis - nicht zuletzt – einfach einen „guten Geschmack im Mund“ zu genießen.

Zu den neuartigen Produkten der Mundhygiene für „zwischendurch“ gehört unter anderem auch die Anwendung des experimentellen Polyurethan-Kauschaums in dieser Studie.

3.2.3.1. Zahnhölzer

Die heutige Anwendung von Zahnhölzern oder -stochern für „zwischendurch“ geht in der Geschichte mehrere Jahrtausende zurück. Sie gehören zu den ältesten Mundhygieneutensilien der Welt. Die ältesten archäologischen Funde von Zahnstochern führen in die Antike. Hinweise über die Nutzung von frühzeitigen Zahnstochern zeigen auffällige Kerben an archäologischen Ausgrabungen, wie der jüngste Fund an Neandertaler-Zähnen im Jahr 2010 in einer Höhle im Süden Polens spekulieren lässt (Urbanowski et al., 2010).

Der Zahnstocher hatte schon früher die Funktion, Zähne von Speiseresten zu säubern. Das einfache Hilfsmittel wurde im Laufe seiner Entwicklung kulturabhängig aus unterschiedlichstem Material hergestellt (beispielsweise aus Grashalmen, Knochen, Federn, verschiedenen Metallen und/oder Hölzern) (Sachs, 1967; Lässig und Müller, 1983).

Moderne Zahnstocher werden meist industriell gefertigt aus Holz oder Kunststoff und mit rundem wie auch dreieckigem Querschnitt angeboten (Abbildung 9). Wobei keine signifikanten Unterschiede bei der Entfernung von Plaque zwischen beiden Formen festgestellt werden konnten (Zanatta et al., 2008).

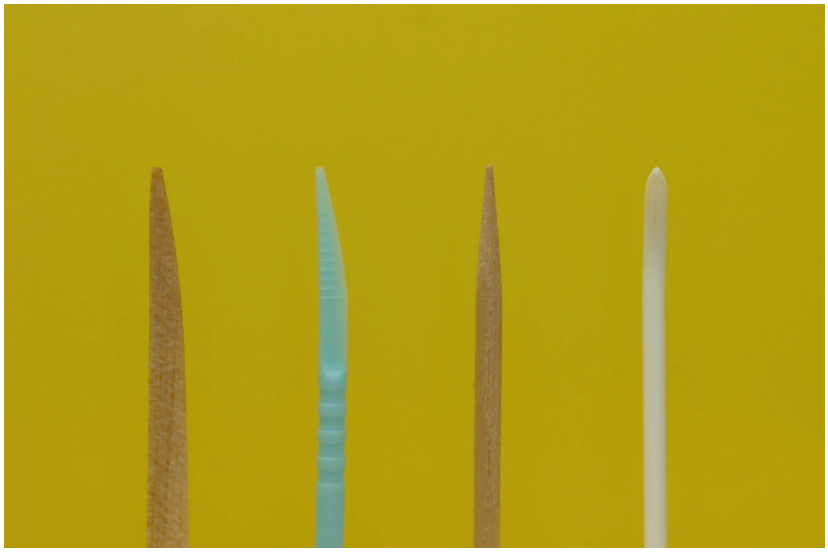


Abbildung 9: Von links nach rechts:
hölzerner Zahnstocher mit dreieckigem Querschnitt (Elmex® Zahnhölzer, GABA International AG, Therwil, Schweiz),
Kunststoff-Zahnstocher mit dreieckigem Querschnitt (Dontodent® Brush-Sticks, DM-Drogeriemarkt, Karlsruhe, Deutschland),
hölzerner Zahnstocher mit rundem Querschnitt (Dontodent® Zahnhölzer, DM-Drogeriemarkt, Karlsruhe, Deutschland) und
Kunststoff-Zahnstocher mit rundem Querschnitt (Friscodent® Zahnseide-Sticks, M+C Schiffer GmbH, Neustadt Wied, Deutschland).

Durch diverse Modifikationen sollen Anforderungen an einen Zahnstocher erweitert werden. Nicht bloß Entfernung grober Speisereste, sondern auch Plaquereduktion im Approximalbereich soll ermöglicht werden. Variationen der Formen betreffen vor allem die Gestaltung des Arbeitsendes (Abbildung 10), beispielsweise unter anderem durch Abwinklung, Riffelung der Oberfläche, Ergänzung mit feinen Gumminoppen (GUM® Soft-Picks®), seitlich ausgerichtete kleine Kunststoffsporne (Dontodent® Brush-Sticks), spiralförmige Gummienden (Fuchs® „Brush ‘n Clean“) oder spiralförmige Kunststoff-Beflockung (Paro® Brush-Sticks; Abbildung 11).

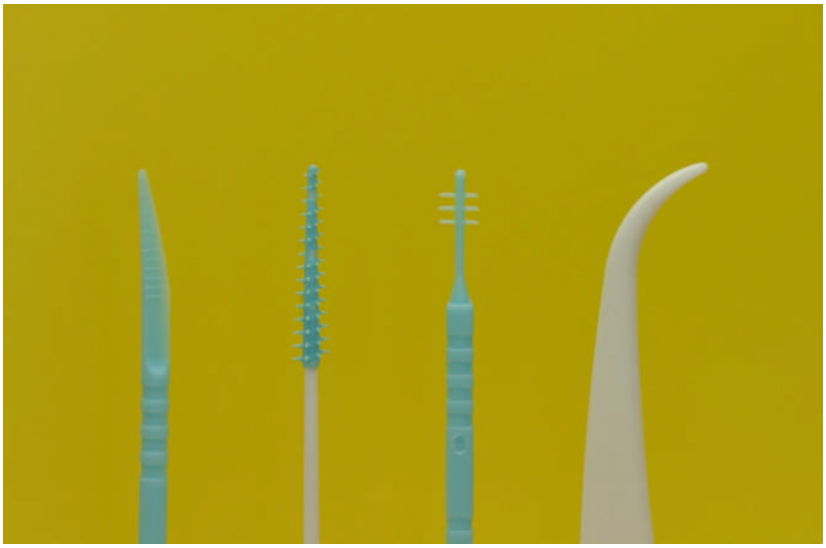


Abbildung 10: Von links nach rechts: Kunststoff-Zahnstocher mit:
geriffelter Arbeitsspitze (Dontodent® Brush-Sticks, DM-Drogeriemarkt, Karlsruhe, Deutschland),
spiralförmigem Gummiende (GUM® Soft-Picks®, Sunstar Americas Inc., Chicago, Vereinigte Staaten von Amerika),
seitlich ausgerichteter kleiner Kunststoffsporne (Dontodent® Brush-Sticks, DM-Drogeriemarkt, Karlsruhe, Deutschland) und
abgewinkeltem Arbeitsteil (Dontodent® Zahnseide-Sticks, DM-Drogeriemarkt, Karlsruhe, Deutschland).

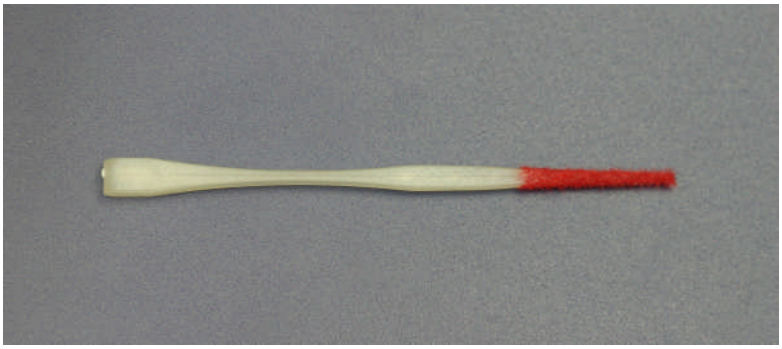


Abbildung 11: Nylonzahnstocher mit spiralförmiger Kunststoff-Beflockung der Spitze, Paro® Brush-Sticks, Esro AG, Kilchberg, Schweiz.

Eine Beschichtung der Zahnstocher mit Minze-Geschmack steht oft zur Steigerung des „Frische-Gefühls“ zur Auswahl. Imprägnierte Zahnstocher eignen sich auch hervorragend zur lokalen Anreicherung mit Fluoriden im Approximalbereich (Mörch und Bjørvatn, 1981; Petersson et al., 1994), auch wenn die Wirkung nur von kurzer Dauer ist (Kashani, 1998).

3.2.3.2. Kaugummi

Eines der bekanntesten Mundhygieneprodukte für „zwischendurch“ ist der Kaugummi. Bei einer archäologischen Ausgrabung im Westen Finnlands wurde ein 5000 Jahre alter abgekauter Gummi aus Birkenharz mit Zahnabdrücken entdeckt (BBC News, 20.08.2007). Ein ähnlicher Fund aus einer frühen Steinzeitsiedlung außerhalb von Ellös in Schweden wurde auf 9000 Jahre geschätzt (Herald Journal, 15.08.1993). Birkenharz entfaltet durch die enthaltene Karbolsäure eine antiseptische Wirkung gegen Entzündungen, die im Mundbereich wirksam werden kann.

Bei den zentral- sowie südamerikanischen Ureinwohnern (Maya, Azteken sowie Indios) hat das Kauen von einer natürlichen Gummimasse bereits lange Tradition. Das sogenannte „Chicle“ ist ein Naturkautschuk und wird aus dem Milchsaft (Latex) des Sapotillbaumes (*Manilkara zapota*), auch Kaugummibaum genannt, gewonnen. Durch die Einfuhr des „Chicles“ nach Nordamerika wurde Naturkautschuk als Alternative zu den damals beliebten Paraffinkauriegeln angeboten (Mathews und Schulz, 2009). Um 1880 brachte *William J. White* aus Cleveland, Ohio, erstmalig einen Kaugummi mit Pfefferminzaroma heraus (Cleveland Historical, 01.06.2013). Danach folgten diverse Variationen von Kaugummis (Abbildung 12).

Abbildung 12: Kaugummi-Varianten:
Kaugummi in Dragee- (Wrigley's® Extra® Professional, Wrigley Company, Chicago, Vereinigte Staaten von Amerika),
Mini Streifen- (Wrigley's® Extra® Professional, Wrigley Company, Chicago, Vereinigte Staaten von Amerika) und
Streifenform (Wrigley's® Spearmint® Wrigley Company, Chicago, Vereinigte Staaten von Amerika).

Anfangs war das Kaugummikauen als Konsum eines Genussmittels anzusehen. Das Potenzial als Mundhygienehilfsmittel wurde erst später erkannt. Über Jahrzehnte stellte man fest, dass das Kauen von Kaugummis zu Mastikationsanstieg führt und die natürliche Selbstreinigung der Mundhöhle unterstützt sowie die Remineralisierung fördert (Creanor et al., 1992; Cochrane et al., 2012). Kaugummis mit Aromastoffen erhöhen zusätzlich die Speichelfließrate sowie die Pufferkapazität des Speichels (Dodds et al., 1991; Dawes und Macpherson, 1992).

Ein wichtiger gesundheitlicher Fortschritt war vor allem die Erkenntnis über Zuckeraustauschstoffe und deren Einfluss auf Zahnkaries, wie unter anderem die *Turku*-Studie erläutert (Scheinin und Mäkinen, 1975). Eine Substitution des Zuckers durch Zuckeraustauschstoffe in Kaugummis sollte sogar bei Anwendung Reduktion kariesassoziierter Mikroorganismen in der Plaque begünstigen (Loesche et al., 1984; Sördeling et al., 1989; Mickenautsch et al., 2007).

3.2.3.3. Kaukörper

Das Kauen eines Reinigungskörpers zur Mundhygieneanwendung ist seit vielen Generationen nicht mehr fremd. Die Akzeptanz des Kaugummis als Mundhygieneprodukt hat bereits die Tore geöffnet für neue Innovationen.

Abbildung 13: Kaubare Einweg-Gummirad Rolly Brush®, Rolly Brush s.r.l., Parma, Italien.

Das kaubare Einweg-Gummirad Rolly Brush® (Abbildung 13) besteht aus elastischem Kunststoff mit Borsten verschiedener Länge und enthält beispielsweise Geschmackstoff Minze, Fluorid und Zuckerersatzstoff Xylitol. Die Plaquereduktion soll vorwiegend mechanisch, durch 2-minutiges Kauen des Produktes, erzielt werden.

Das experimentelle Mundhygieneprodukt in dieser Studie ist ebenfalls ein Kaukörper zur Ausübung mobiler Mundhygienemaßnahme und sollte als Einwegprodukt verstanden werden.

Beide Produkte werden nach der Verwendung entsorgt und nicht herunter geschluckt.

3.2.3.4. Bürsten-Modifikationen

Angelehnt an die bereits weitverbreitete wohlbekante Anwendung der Zahnbürste, sind leicht abgewandelte Miniaturen dieser, zur mobilen Anwendung für „zwischendurch“ entwickelt worden.

Abbildung 14: Wisp Brush® von Colgate®, Colgate-Palmolive Company, New York, Vereinigte Staaten von Amerika.

Wisp Brush® von Colgate® ist eine kleine Einweg-Zahnbürste ca. 9 cm lang (Abbildung 14). Im Borstenfeld ist ein Wulst eingelassen gefüllt mit einem speziellem Fluid. Der Bürstenkopf wird analog der klassischen Zahnbürste angewandt; wobei durch das Andrücken des Bürstenkopfes an die Zahnoberfläche der Wulst aufplatzt und das beinhaltete Fluid freigesetzt wird. Anschließendes Ausspülen am Ende der Mundhygienemaßnahme ist nach der Produktbeschreibung nicht notwendig. Das Fluid kann nach Herstellerangabe geschluckt werden. Als ergänzende Maßnahme bietet das andere Ende des Produktes eine Zahnstocher-Funktion.

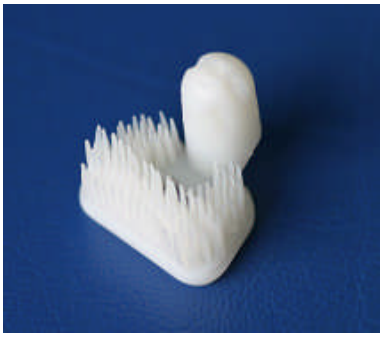


Abbildung 15: Kaubare Zahnbürste Fuzzy Brush®, Fuzzy Brush Ltd., London, Großbritannien.

Noch graziler gestaltet ist die kaubare Minizahnbürste Fuzzy Brush® (Abbildung 15), die in einer transparenten Kunststoffkapsel mit ca. 3 cm Durchmesser verpackt ist. Das Produkt selbst besteht aus einem Borstenfeld, das im 90°-Winkel mit einem Zahnpasten-Depot elastisch verbunden ist.

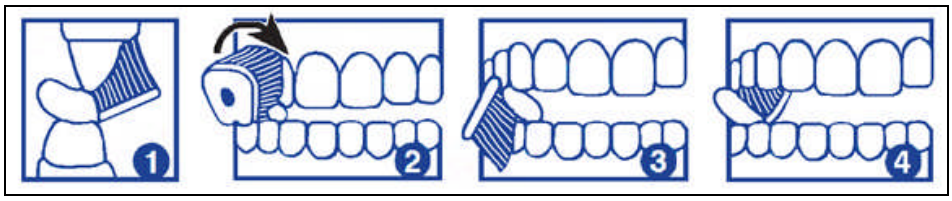


Abbildung 16: Gebrauchsanleitung für Fuzzy Brush®, Fuzzy Brush Ltd., London, Großbritannien (Quelle: FuzzyBrush.com© 2013).

Das Produkt wird zwischen den Zahnreihen platziert und durch Bewegung der Zahnreihen zueinander mit Hilfe der Zunge von einer Seite zur anderen entlang der Zahnflächen geschwenkt (Abbildung 16). Dabei wird das Borstenfeld an die Zahnoberfläche gedrückt und die Zahnpaste durch Speichelkontakt löslich. Nach Angaben der Firma Fuzzy Brush Ltd. ist das Produkt ohne zusätzliches Wasser anzuwenden.

3.2.3.5. Zungenzahnbürste

Eine Zungenzahnbürste wurde erstmals in Kanada von *Adel Elseri* und *Said Fayad* entwickelt, patentiert und unter den Namen Tongue-to-teeth® vorgestellt worden. Es handelt sich dabei um einen Einwegprodukt aus Kunststoff zur Ausübung mobiler Mundhygienemaßnahme.

Abbildung 17: Prototypen-Illustration der Zungenzahnbürste Tongue-to-teeth®: Das linke Bild zeigt eine Ansicht auf den Zungenrücken, während das rechte Bild ein Blick vom Mundboden aus darstellt (Quelle: http://www.tonguetoteeth.com. Mit freundlicher Genehmigung von *Adel Elseri*).

Das Produkt Tougue-to-teeth® ist wie eine Lasche geformt mit einem inneren Hohlraum (Abbildung 17). Dieser Reinigungsartikel kann aus der Verpackung aus direkt über die Zunge gestülpt werden. Am geschlossenen Ende der Kunststoff-Lasche befinden sich nach außen hin pyramidenförmige Vorsprünge zur mechanischen Reinigung der Zahn- und Schleimhautoberfläche der Mundhöhle. Die gesamte Oberfläche der Zungenzahnbürste Tougue-to-teeth® ist zur Optimierung der mobilen Mundhygiene mit Zahnpaste beschickt.

3.2.3.6. Miswak/Siwak

Die Anwendung des Miswak/Siwaks hat sich im Laufe der Zeit weiter entwickelt. Basierend auf der patentierten Erfindung von *da Costa* und *Möhring* (1924) (Abbildung 18), entwickelte die Firma SWAK Experience UG ein zeitgemäßes zahnbürstenähnliches Gestell für austauschbare kleine Miswak-Bürstenköpfe. Die Miswak-Bürstenköpfe (sog. SWAK®-Köpfli) sind zylindrisch geformt, mit flachem- oder spitzzulaufendem Faserfeld (Abbildung 19).

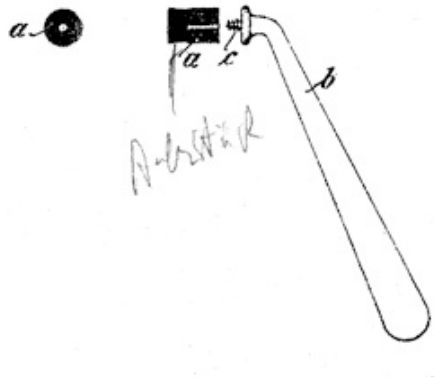


Abbildung 18: Schemazeichnung von *da Costa* und *Möhring* (Quelle: Patentschrift Nr. 403787 des Reichspatentamtes, 1924).

Abbildung 19: SWAK®-Köpfli mit flachem- (links) oder spitzzulaufendem (rechts) Faserfeld (Quelle: http://www.zahnbewusstsein.de/shop/swakshop.php. Mit freundlicher Genehmigung der Firma SWAK Experience UG, Morbach, Deutschland).

Abbildung 20: SWAK® Zahnbürste der Firma SWAK Experience UG (Quelle: http://www.zahnbewusstsein.de/swak-miswak-zahnbuerste.htm. Mit freundlicher Genehmigung der Firma SWAK Experience UG, Morbach, Deutschland).

Die SWAK® Zahnbürste (Abbildung 20) kommt auch ohne Zahnpaste oder zusätzliches Wasser zum Einsatz. Die Zahnreinigung mit der SWAK® Zahnbürste erfolgt unter Anwendung der sogenannten "Swing-Technik" aus dem „Solo-Prophylaxe“-Konzept entwickelt von *Ralf Petersen* (Petersen, 2008). Hierbei wird das SWAK®-Köpfli mit einer sanften Bewegung über die an das Zahnfleisch angrenzenden Zahnoberflächen geführt (Abbildung 21).

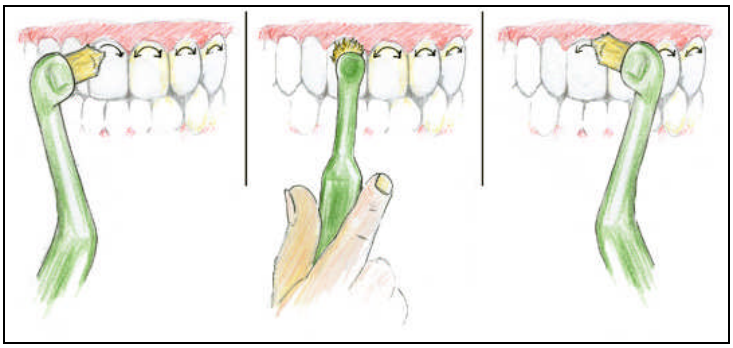


Abbildung 21: SWAK® Zahnbürste unter Anwendung der sogenannten "Swing-Technik" (Quelle: http://www.zahnbewusstsein.de/anwendung-zahngesundheit.htm. Mit freundlicher Genehmigung der Firma SWAK Experience UG, Morbach, Deutschland).

Inhaltsstoffe des Miswaks/SWAK®-Köpflis können jedoch nach einigen Anwendungen ausgewaschen sein, so dass ein „Auffrischen“ durch gelegentliches Aufbringen von SWAK® Zahnsalz auf den Miswak-Bürstenkopf vom Hersteller empfohlen wird.

Abbildung 22: SWAK® Zahnsalz, SWAK Experience UG (Quelle: http://www.zahnbewusstsein.de/zahnsalz.htm. Mit freundlicher Genehmigung der Firma SWAK Experience UG, Morbach, Deutschland).

Das SWAK® Zahnsalz (Abbildung 22) enthält unter anderem pulverisiertes Miswakholz, Kristallsalz und Silikate. Ein SWAK® Zahnbürstenkopf kann auf diese Weise über einen Zeitraum bis zu 3 Monaten benutzt werden.

3.2.3.7. Zahnputztücher

Das Abwischen von Zahnbelägen mit Hilfe von Zahnputztüchern fand in der Geschichte bereits früh Anwendung, beispielsweise durch die antiken Römer. In einer Weiterentwicklung des Grundkonzeptes, begleitet vom Fortschritt der modernen Textilgemische, entstanden Zahnputztücher unserer Zeit.

Abbildung 23: Zahnputztuch Brush-Ups® von Oral-B®, Procter&Gamble Company, Cincinnati, Vereinigte Staaten von Amerika.

Die Fingerzahnbürste I-Brush® aus Mikrofaser sowie Brush-Ups® (Abbildung 23) werden wie ein Fingerling übergezogen und mit der strukturierten Oberfläche in wischenden Bewegungen an der Zahnoberfläche entlanggeführt. Das Tuch ist zum Finger hin feuchtigkeitsgeschützt. Die strukturierte Oberfläche ist unter anderem mit Geschmacksstoffen angereichert, um im Kontakt mit Speichel freigesetzt werden.

3.2.3.8. Zahnradierer

Ein Zahnradierer soll Verfärbungen an Zahnoberflächen durch Nikotin und/oder Nahrungsmittel-Pigmente reduzieren. Zahnradierer sollten „zwischendurch“, vor allem nach Mahlzeiten oder nach dem Rauchen angewendet werden. Zur Anwendung wird der Zahnradierer an der Zahnoberfläche gerieben und kann bei Bedarf im Anschluss abgespült werden. Der NILIX® Zahnradierer besteht aus gepresstem Bimssteinpulver (Abbildung 24). Zahnradierer können auch aus Silikon (z.B. Tooth Tick®) bestehen und/oder Aromastoffe enthalten.

Abbildung 24: NILIX® Zahnradierer, SWAK Experience UG, Morbach, Deutschland (Quelle: http://www.zahnbewusstsein.de. Mit freundlicher Genehmigung der Firma SWAK Experience UG).

3.2.3.9. Zahnseide-Sticks

Zahnseide-Sticks sind Mundhygieneartikel bestehend aus einer Kombination von vorgespannter Zahnseide in einer Zahngeige (bogenförmiges Ende) an einem Ende, dazu oftmals mit einem Zahnstocher verschiedener Variationen am anderen Ende versehen (Abbildung 25). Dabei soll eine Interdentalreinigung erleichtert werden, ohne das klassische Aufwickeln eines Zahnseidenstücks an den Fingern.

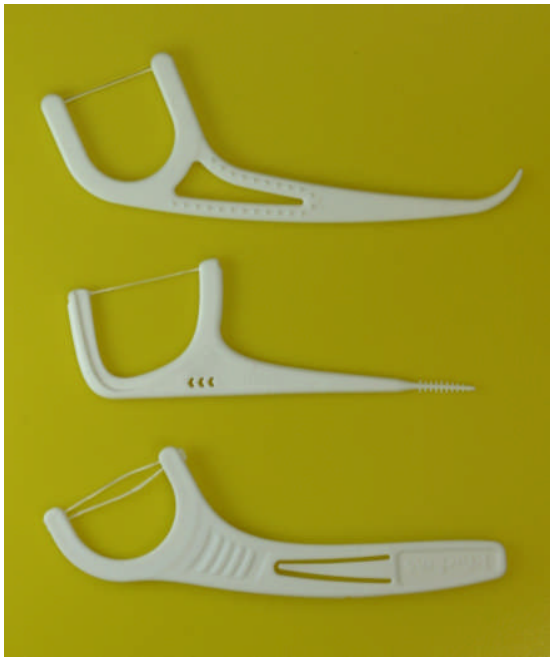


Abbildung 25: Verschiedene Zahnseide-Sticks:
Dontodent® Zahnseide-Sticks (DM-Drogeriemarkt, Karlsruhe, Deutschland) mit abgewinkelter Zahnstocherende (oben),
Compleate Clean® Zahnseide-Sticks (DenTek Oral Care Inc., Maryville, Vereinigte Staaten von Amerika) mit seitlich ausgerichtete Kunststoffsporne und Fluoridbeschichtung (mitte) sowie
Plackers® Twin Zahnseide-Sticks (Ranir Global Holdings LLC, Grand Rapids, Vereinigte Staaten von Amerika) mit 2 parallele Zahnseidefäden und schwenkbarer Zahnstocher (unten).

3.2.3.10. Zahnputztabletten

Zahnputztabletten sind Zahnpaste in Tablettenform. Dadurch ist eine neue Möglichkeit entstanden, Zahnpaste zu dosieren und zu transportieren. Zur Anwendung wird eine Zahnputztablette zerkaut bis diese durch Speichelkontakt eine cremige Konsistenz erreicht. Dann können mit einer Zahnbürste wie gewohnt die Zähne geputzt werden.

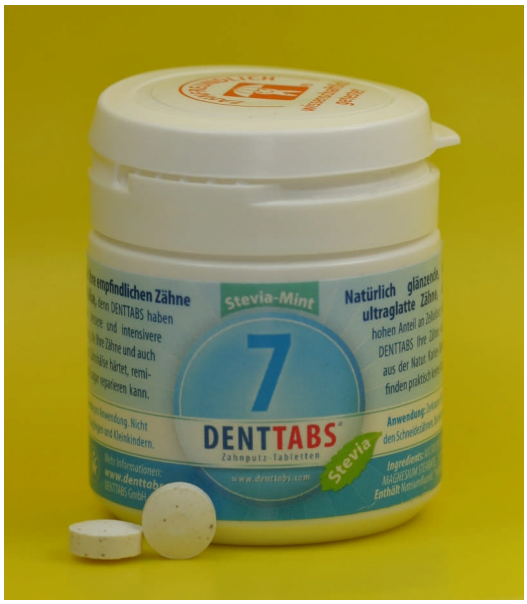


Abbildung 26: Denttabs® Zahnputztabletten, Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin, Deutschland.

Das Produkt Denttabs® (Abbildung 26) enthält unter anderem Putzkörper, Natriumfluorid, Geschmackstoffe, wenig Tenside, Natriumhydrogencarbonat zur Einstellung des pH-Wertes bei 5,5 und keine Konservierungsstoffe. Enthaltene mikrokristalline Zellulose und Siliciumdioxid sorgen für eine schonende Plaquereduzierung an der Zahnoberfläche. Zur Solo-Anwendung für „zwischendurch“, ohne Benutzung einer Zahnbürste, gewährleistet Denttabs® nebst eines Zwischenreinigungseffektes auch eine Aufrechterhaltung der Bioverfügbarkeit von Fluoridionen (Böshagen et al., 2005; Naumova et al., 2008; Gängler et al., 2009).

3.2.3.11. Mundspülung

Die erste dokumentierte Mundspülung der Neuzeit wurde 1892 von *Karl August Lingner* in Dresden entwickelt und unter dem Handelsnamen „Odol“ vertrieben (Büchi, 2006). Es war eine Zeit des wissenschaftlichen Umbruchs im Verständnis über Krankheitserreger, beeinflusst unteranderem durch die damals bahnbrechenden Erkenntnisse auf diesem Gebiet von *Louis Pasteur* (1822-1895) und *Robert Koch* (1843-1910).

Mundspüllösungen haben unterschiedliche Zusammensetzung beispielsweise basierend auf Kräuterextrakten, ätherische Ölen sowie auch chemischen Wirkstoffe. An ätherischen Ölen kommen zur Anwendung unter anderem Menthol, Thymol, Cumarin und Eugenol (Hansel und Sticher, 2010). Abhängig von der Zusammensetzung des Produktes ist frischer Atem, eine antibakterielle Wirkung, und/oder Aufrechterhaltung optimaler Bioverfügbarkeit von Fluoridionen möglich. Es unterscheiden sich medizinische Mundspüllung von allgemeinen Mundspüllösungen. Medizinische Mundspüllösungen sind regelrechte Arzneimittel und deshalb apothekenpflichtig. Hierzu gehören unter anderem Mundspüllungen mit dem Wirkstoff Chlorhexidin.

Plaquekontrolle mittels Mundspülung ist heutzutage, durch angepasste Verpackungsgrößen, auch unterwegs einsetzbar (Abbildung 27).

Abbildung 27: Vergleich unterschiedlicher Verpackungsgröße für Mundspüllösungen:
Linkes Fläschchen mit 30ml Mundspüllösung (GUM® Junior, Sunstar Americas Inc., Chicago, Vereinigte Staaten von Amerika). Es gehört zu den kleinsten Formaten und bietet eine praktische Größe für „zwischendurch“. Im Vergleich fasst die mittlere Flasche 100ml (Meridol®, GABA International AG, Therwil, Schweiz) und die rechte Flasche 500ml (Listerine® Total Care, Johnson&Johnson, New Brunswick, Vereinigte Staaten von Amerika) Mundspüllösung.

3.2.3.12. Mundspray

Mundspray ist ein Mundhygieneprodukt das durch Bildung von Aerosol/Sprühnebel eine möglichst gleichmäßige Benetzung der Mundhöhle erreichen soll. Mundsprays werden in Druckgaspackungen mit einem Dosierventil oder als Fläschchen mit Pumpspray-Aufsatz angeboten (Abbildung 28). Ein wichtiger Bestandteil der Lösung in den Mundsprays sind ätherische Öle (Hänsel und Sticher, 2010).

Die Anwendung des Mundsprays hat zum Ziel unangenehme Mundgerüche, beispielsweise durch bestimmte Speisen, Getränke und/oder Rauchen, zu neutralisieren. Allerdings sind *foetor ex ore* auch Begleitsymptome von Krankheiten, die andere Therapiemaßnahmen benötigen.

Abbildung 28: Verschiedene Mundsprays für unterwegs in 15ml Flaschen:
One Drop Only®, One Drop Only GmbH, Berlin, Deutschland (links),
SensiDent® Mundspray mit Käuterextrakt, Your Own Brand GmbH, Neutraubling, Deutschland (mitte-links),
SensiDent® Extra Frische, Your Own Brand GmbH, Neutraubling, Deutschland (mitte-rechts) und
Odol-med3®.Extreme, GlaxoSmithKline PLC, London, Großbritannien (rechts).

3.2.3.13. Mundspülung-Konzentrate

Eine Alternative zur Mundspülung oder für ein Mundspray für unterwegs stellen Mundspülung-Konzentrate dar. Diese sind hochkonzentrierte Flüssigkeiten, die unter anderem Aromastoffe beinhalten, um „frischen Atem“ nach Genuss von Lebensmitteln und/oder nach dem Rauchen zu erreichen.

Abbildung 29: GoGo Dent® Ice Mint Atem-Liquid, Orbis Distribution Inc., Milwaukee, Vereinigte Staaten von Amerika.

GoGo Dent® Ice Mint Atem-Liquid beispielsweise wird in praktischen kleinen handlichen Fläschchen mit 3,2ml Inhalt angeboten, die in der Höhe weniger als 5cm messen (Abbildung 29). Das Konzentrat wird in 1-2 Tropfen auf die Zungenspitze gegeben und anschließend im Mund verteilt.

Zusammenfassung

Die oben aufgeführten neuartigen Mundhygieneprodukte für „zwischendurch“ unterscheiden sich in ihrer Anwendung. Die meisten dieser Produkte erzielen eine Plaquekontrolle durch mechanische und/oder chemische Wirkungsweise. Jede Art Reinigung der Zahnoberfläche bewirkt im Allgemeinen eine ökologische „Störung“ des Biofilms und beeinflusst dessen Wachstum negativ (Robinson et al., 2006).

Grundsätzlich liegt der größte Anteil einer erfolgreichen Präventionsmaßnahme in der suffizienten individuellen Mundhygiene (Nyvad und Fejerskov, 1989; Page und Kornman, 1997). Bei den regelmäßigen täglichen Mundhygienemaßnahmen soll idealerweise eine effiziente Plaquekontrolle der Mundhöhle erreicht werden. Unter diesem Einfluss bestimmt sie wiederum die Effektivität der Plaquekontrolle und deren Wirksamkeit zur Prävention (Bellini et al. 1981). So wurden diverse Mundpflegeprodukte zur Optimierung der individuellen Plaquekontrolle sowohl für häusliche als auch für mobile Anwendung entwickelt und angeboten. Die Weiterentwicklung der mobilen Mundhygieneprodukte für „zwischendurch“ erweitert das Angebotsspektrum und unterstützt somit eine gesteigerte individuelle Mundhygiene der Gesellschaft. Ein wichtiges Kriterium ist hierfür grundsätzlich eine einfache Anwendung sowie ein möglichst praktisches Produktformat, welches eine akzeptable bzw. möglichst optimale Plaquekontrolle als Mundhygieneergänzungsmittel bietet.

4. Material und Methodik

4.1. Probandengut

In diese Studie aufgenommen wurden 16 Probanden (8 Frauen und 8 Männer) von 19 Jahren bis 27 Jahren (Durchschnittsalter von 22,19 Jahren) mit sehr guter Mundhygiene und Vorkenntnis in der Ausführung einer professionellen Zahnreinigung. Diese Probanden waren vorklinische Studenten an der Fakultät für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Witten/Herdecke im akademischen Jahr 2007/2008. Die folgende Abbildung (Abbildung 30) stellt die Geschlechts- und Altersverteilung grafisch dar.

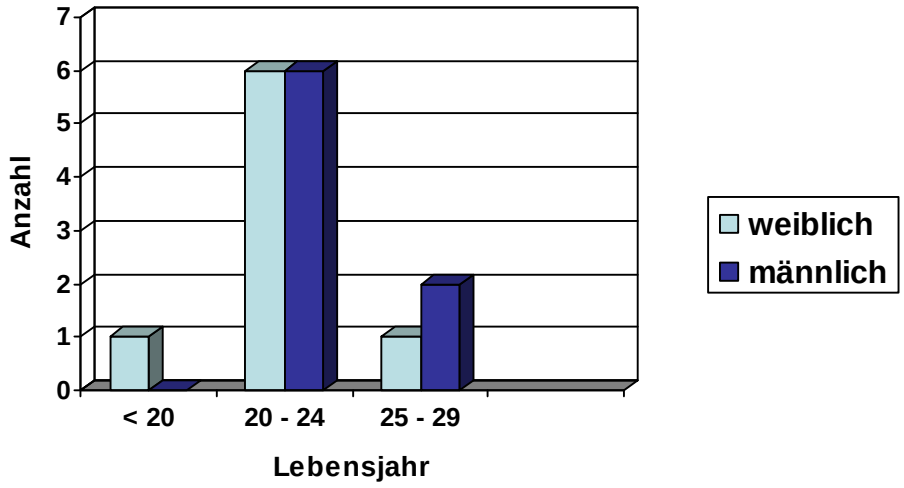


Abbildung 30: Geschlechts- und Altersverteilung der Probanden.

Es wurden Studenten mit mindestens 24 vollständig durchgebrochenen Zähnen ausgewählt. Studenten mit fehlenden bzw. prothetisch restaurierten Zähnen 16, 11, 25, 36, 31 und/oder 45 sowie Personen, bei denen eine Schwangerschaft bestand, blieben von der Studie ausgeschlossen. Alle Studenten hatten freiwillig an dieser Studie teilgenommen. Diese Studenten unterschrieben die Einwilligungserklärung (Anlage 2) sowie eine Geheimhaltungsvereinbarung nach mündlicher und schriftlicher Information (Anhang 1), die von der Ethik-Kommission der Universität Witten/Herdecke genehmigt worden war (Ethik-Kommission-Antragsnummer 117/2007).

Alle 16 Probanden nahmen bis zum Studienende teil. Die Probanden wurden für Ihre erfolgreiche Teilnahme an der Studie mit einer Probandenentschädigung vergütet.

In einer einführenden Veranstaltung wurden die Probanden am 08. Februar 2008 über den exakten Ablauf der klinischen Untersuchung unterrichtet.

Zwischen der Universität Witten/Herdecke und den Untersuchern, sowie zwischen der Universität Witten/Herdecke und den einzelnen Probanden wurde Geheimhaltung vereinbart.

Die Universität Witten/Herdecke war in Zusammenarbeit mit der Firma Bayer AG auf dem Gebiet neuartiger Schaummaterialien für kosmetische Anwendungen tätig und hatte in diesem Zusammenhang Kauschäume aus Polyurethan für die Zahnreinigung und -pflege entwickelt. Die Testung dieses Materials auf zahnreinigende Eigenschaften und deren Effektivität sollten in dieser Studie überprüft werden. Dabei war vereinbart worden, dass vertrauliche Informationen, Erkenntnisse, Ergebnisse und/oder Proben an Personen oder Körperschaften außerhalb der festgelegten verbundenen Gesellschaften nicht gelangten darf.

Die Geheimhaltungsvereinbarung begann mit dem 08.12.2008 und hat eine Laufzeit von einem Jahr. Die mit dieser Vereinbarung abgeschlossene Verpflichtung zu Geheimhaltung und Verzicht sowohl auf Analyse von Mustern und Proben als auch auf kommerzielle Nutzung von ausgetauschten Informationen bleiben von einer Beendigung dieser Vereinbarung unberührt und gelten weiter für einen Zeitraum von fünf Jahren nach Beendigung dieser Vereinbarung.

Vorfristig aufgehoben wurde die Vertraulichkeit der klinischen Daten zum Monat Februar 2011.

4.2. Untersuchungsmaterial

Als Untersuchungsmaterial wurden insgesamt drei unterschiedliche Varianten aus aliphatischem Polyurethanschaum mit Farb- und Geschmackstoffen[1] verwendet. Dabei handelt es sich um Kauschaum-Blöcke mit quadratischem Querschnitt, welche in dieser Studie als Variante Q (Kontrollgruppe) bezeichnet wurde, U-förmige Kauschaum-Blöcke, welche in dieser Studie als Variante U bezeichnet wurde, sowie U-förmige Kauschaum-Blöcke mit einem Gel als Aromaträger, welche in dieser Studie als Variante UG bezeichnet wurde.

Die U-förmigen Proben sind in ihrer Größe und Form annähernd identisch. Die äußere mittlere Fläche, sowie die lateralen inneren Flächen, sind wellig gestaltet. Sie unterscheiden sich ausschließlich durch das Vorhandensein eines Gels als Aromaträger (Variante UG), der sich in der mittleren Innenfläche der Probe befindet.

Es wurden insgesamt 90 Proben aus identischem Grundmaterial zur Untersuchung bereitgestellt. Diese waren wie folgt aufgeteilt:

- 30 x Kauschaum-Blöcke mit quadratischem Querschnitt (Variante Q)
- 30 x Kauschaum-Blöcke U-förmig (Variante U)
- 30 x Kauschaum-Blöcke U-förmig mit Aroma (Variante UG)

Die bereitgestellten Proben der Firma Bayer AG waren handgefertigte Prototypen, die teilweise Abweichungen in ihren Dimensionen aufwiesen. Alle Proben wurden in blickdichten Alubeuteln angeliefert.

[1] Die Farb- und Geschmackstoffe befolgen laut der Risikoeinschätzung die Anforderungen der EU Anweisung 76/768/EEC (Anweisungen für Kosmetika), IFRA Grundsatz, EU Anweisung 88/388/EEC (Anweisungen über Geschmackstoffe) und FEMA/GRAS.

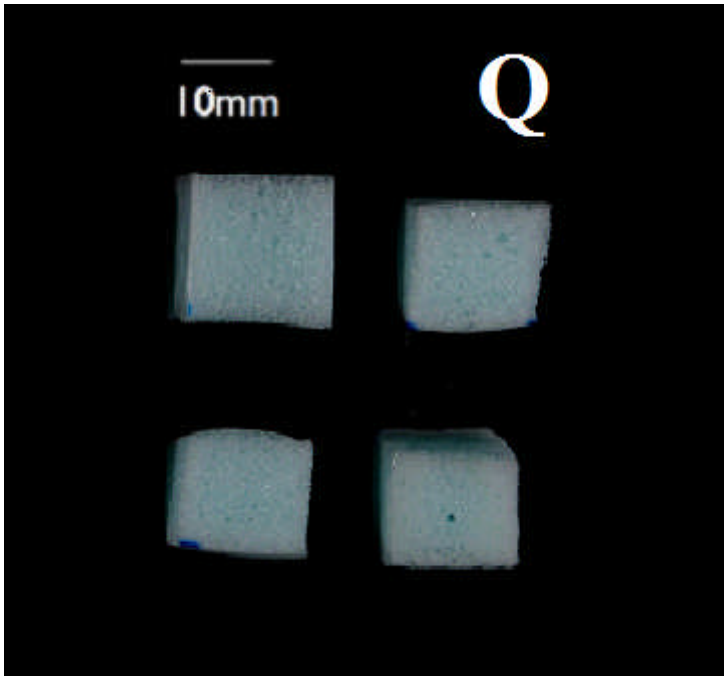


Abbildung 31: Experimentelles Mundhygieneprodukt: Kontrollgruppe mit quadratischem Querschnitt -Variante Q (Bayer AG) (Foto: Lang).

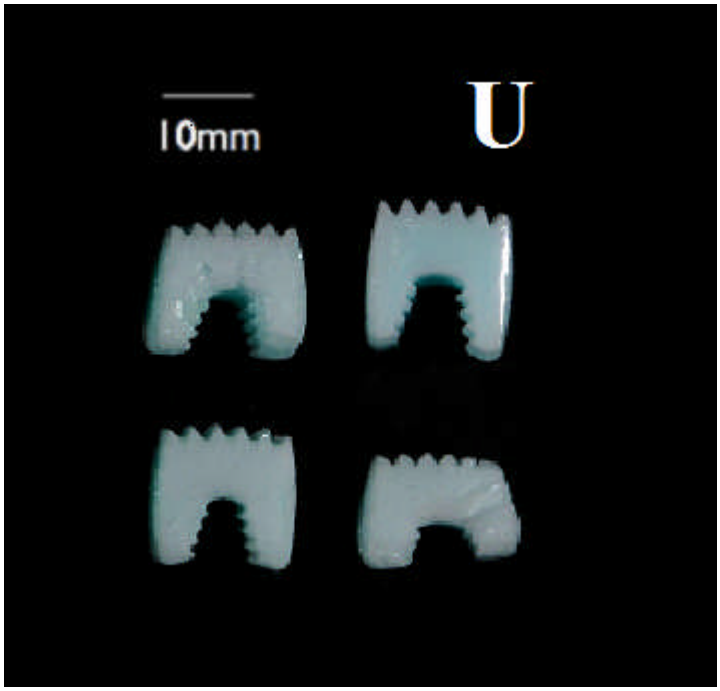


Abbildung 32: Experimentelles Mundhygieneprodukt: Seitlicher Anblick des Prototypen U-förmigen Polyurethan-Kauschaums - Variante U (Bayer AG) (Foto: Lang).

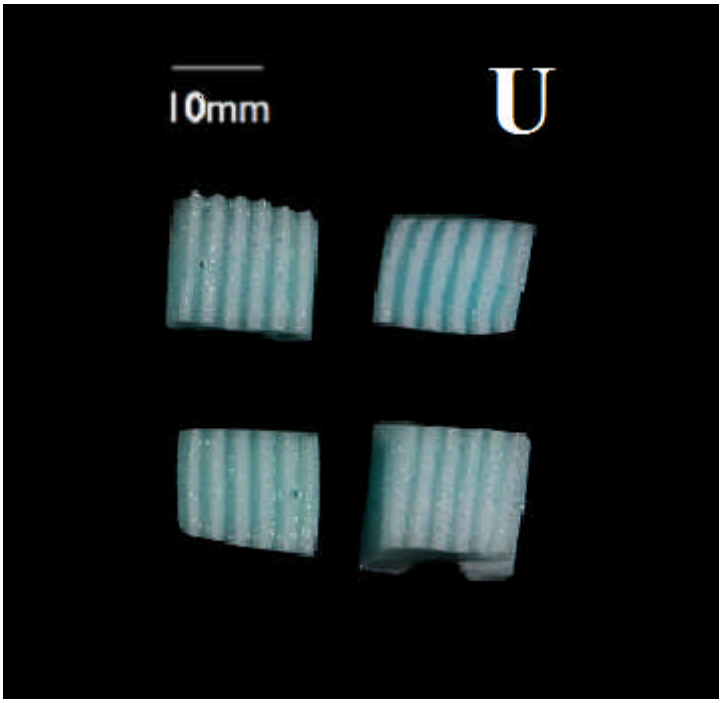


Abbildung 33: Experimentelles Mundhygieneprodukt: Anblick des Prototypen U-förmigen Polyurethan-Kauschaums von oben – Variante U (Bayer AG) (Foto: Lang).

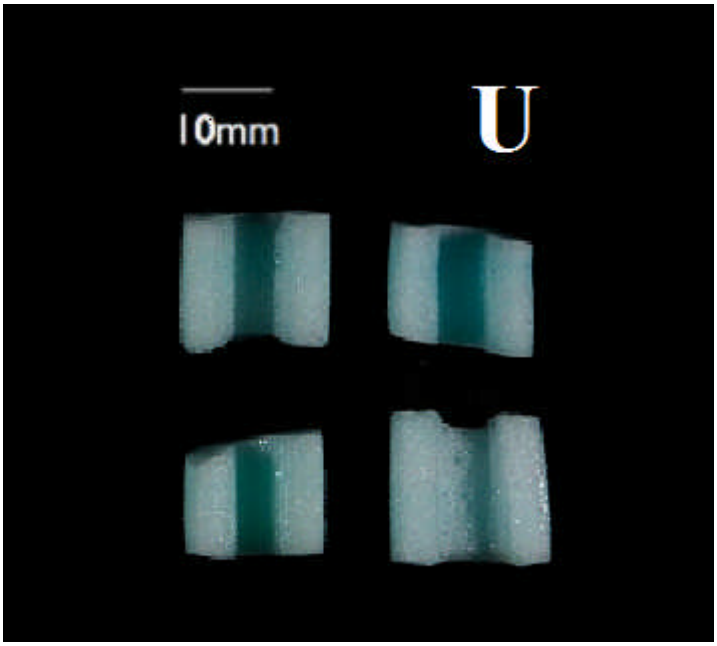


Abbildung 34: Experimentelles Mundhygieneprodukt: Anblick des Prototypen U-förmigen Polyurethan-Kauschaums von unten – Variante U (Bayer AG) (Foto: Lang).

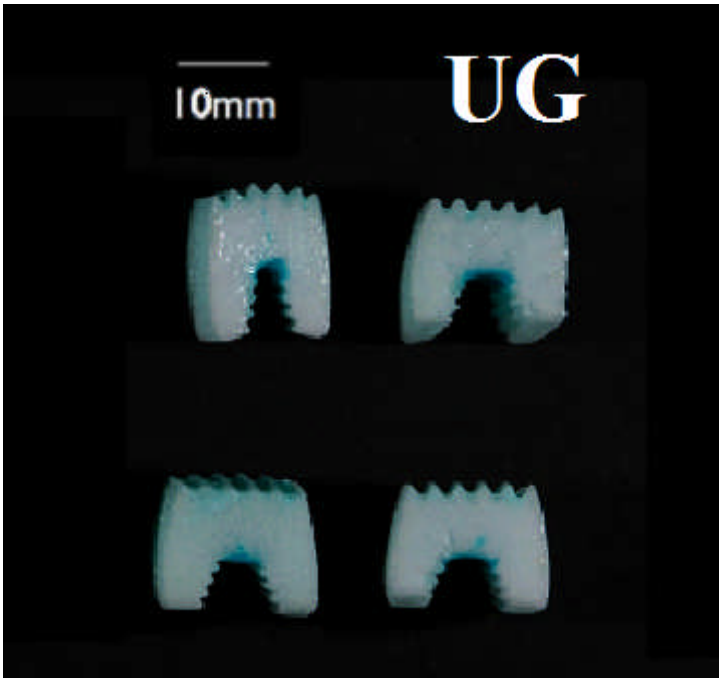


Abbildung 35: Experimentelles Mundhygieneprodukt: Seitlicher Anblick des Prototypen U-förmigen Polyurethan-Kauschaums mit Aroma – Variante UG (Bayer AG) (Foto: Lang).

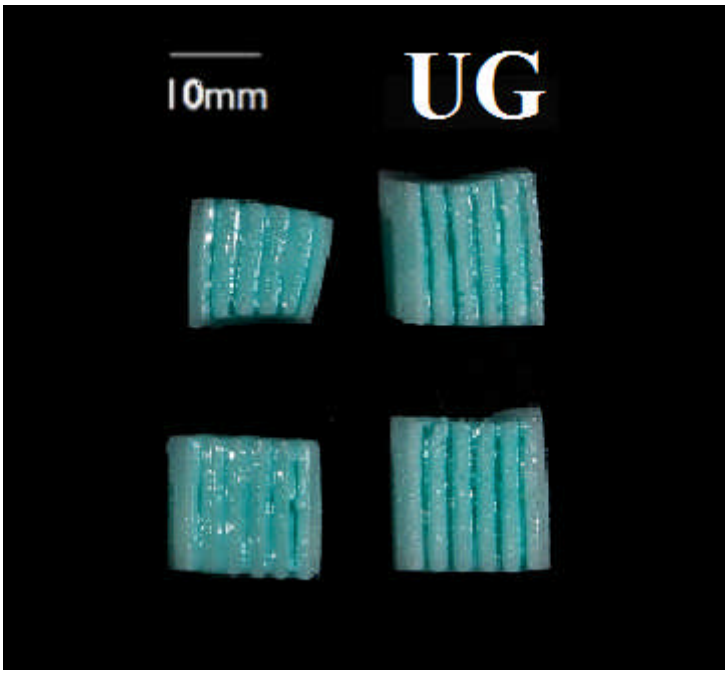


Abbildung 36: Experimentelles Mundhygieneprodukt: Anblick des Prototypen U-förmigen Polyurethan-Kauschaums mit Aroma von oben – Variante UG (Bayer AG) (Foto: Lang).

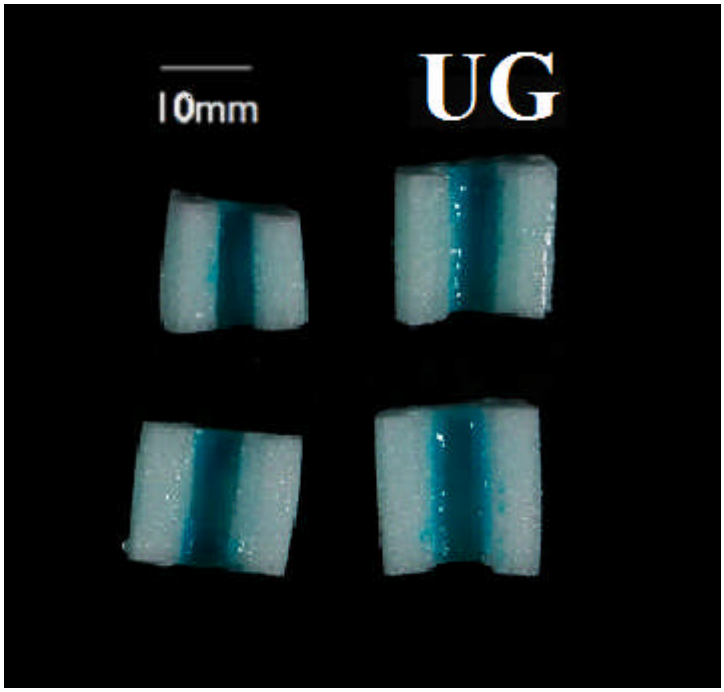


Abbildung 37: Experimentelles Mundhygieneprodukt: Anblick des Prototypen U-förmigen Polyurethan-Kauschaums mit Aroma von unten – Variante UG (Bayer AG) (Foto: Lang).

Des Weiteren wurde ein Plaquerevelator Mira-2-Ton®*, Fa. Hager & Werken GmbH & Co KG zur Anfärbung der Plaque verwendet. Zur Reinigung der Zahnflächen wurde pro Proband ein Polierkelch von Prophy-Kelche®*, Fa. Hager & Werken GmbH & Co KG, Polierpaste Miraclean®*, Fa. Hager & Werken GmbH & Co KG, sowie ein zwölfteiliges Prophylaxe-Tray der Universität Witten/Herdecke* verwendet.

* Fällt nicht unter Medizinproduktegesetz (MPG).

4.3. Risikoabschätzung des experimentellen Mundpflegeproduktes

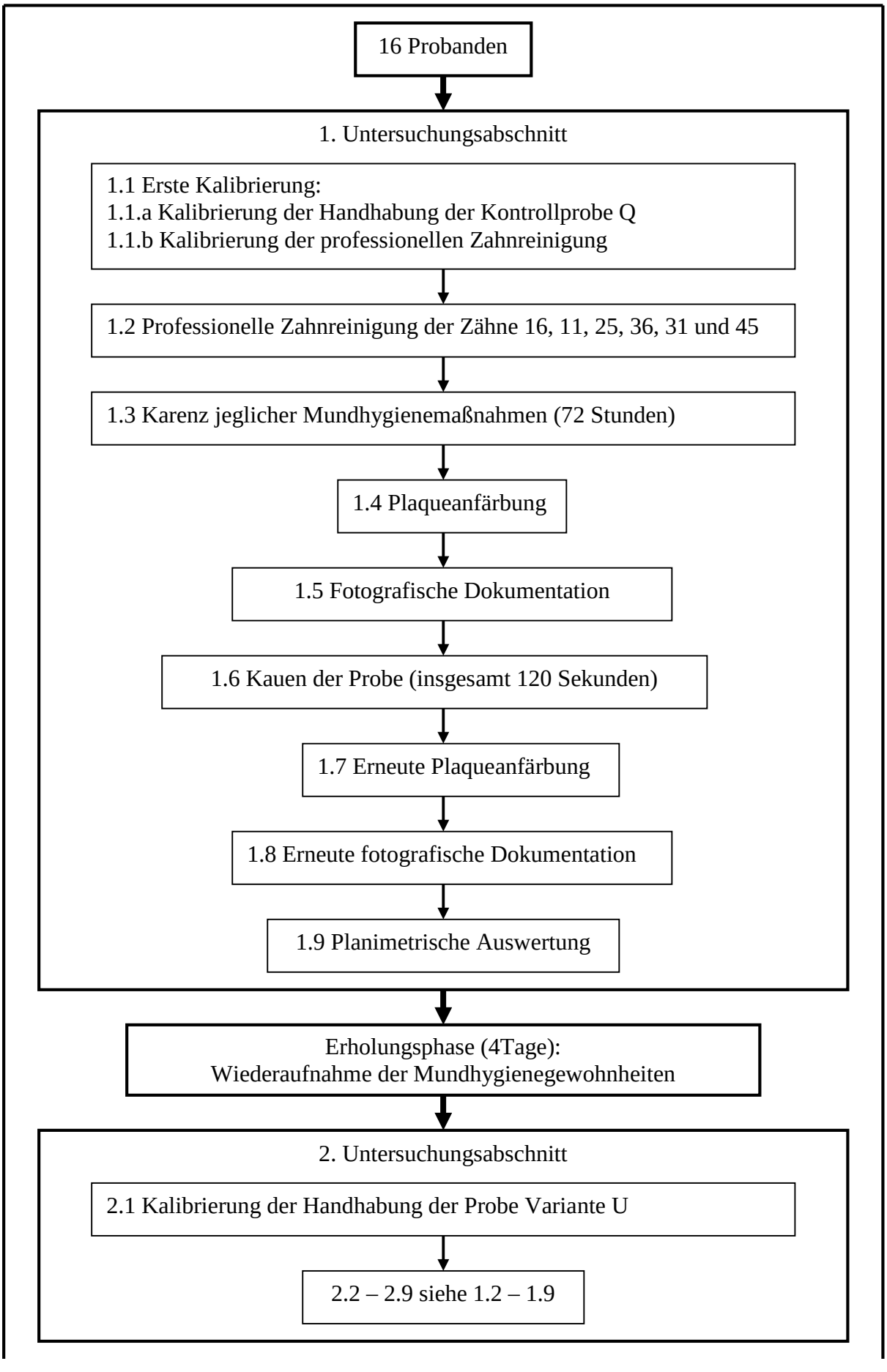
Eine wissenschaftliche Risikoabschätzung sowie ein fundiertes toxikologisches Gutachten des Materials Polyurethan-Kauschaum liegen der Universität Witten/Herdecke in englischer Sprache vor. Diese Gutachten wurden im Auftrag von Bayer Material Science AG, Leverkusen, von der MT Promedt Consulting GmbH, St. Ingbert, empirisch durchgeführt. Dabei ergaben sich folgende Punkte, im Fazit zusammengefasst:

- Der Polyurethan-Kauschaum stellt keine Bedrohung bezüglich der Sicherheit und Gesundheit des Verbrauchers dar, solange dieses Produkt ausschließlich als Mundpflegeprodukt eingesetzt wird.
- Die Nutzung des Polyurethan-Kauschaums als Mundpflegeprodukt kann mit einem niedrigen Risiko als sicher eingestuft werden.
- Bei unabsichtlichem Verschlucken ermöglicht die Gestaltung des Polyurethan-Kauschaums eine problemlose Passage des Verdauungstrakts bei gesunden Personen $\geq$ 14 Jahre.
- Durchgeführte toxikologische Tests an Absonderungen des Polyurethan-Kauschaums gaben keinen Anhaltspunkt für unerwünschte Folgen bei einem Entweichen der Substanz.

Im Folgenden wird in der Zusammenfassung des Risikoabschätzungs- und toxikologischen Gutachtens konstatiert, dass trotz eindeutiger Ergebnisse zur größtmöglichen Sicherheit weitere Unbedenklichkeitsprüfungen vor der angestrebten Vermarktung des Polyurethan-Kauschaums als fertiges Mundhygieneprodukt folgen werden.

4.4. Versuchsplanung

Der Versuchsablauf ist in Abbildung 38 dargestellt. Es wurden drei Untersuchungsabschnitte angesetzt, in denen jeweils eine Probe der drei Varianten des experimentellen Mundhygieneproduktes gekaut wurde. Am Ende des ersten sowie auch des zweiten Untersuchungsabschnittes wurde eine Erholungsphase von 4 Tagen eingelegt, in der die Probanden ihre üblichen Mundhygienegewohnheiten wieder aufnehmen durften. Nach Ablauf des dritten Untersuchungsabschnittes wurde die klinische Untersuchung abgeschlossen und es konnte eine statistische Auswertung der erhobenen Daten durchgeführt werden.


16 Probanden
1. Untersuchungsabschnitt
1.1 Erste Kalibrierung:
1.1.a Kalibrierung der Handhabung der Kontrollprobe Q
1.1.b Kalibrierung der professionellen Zahnreinigung
1.2 Professionelle Zahnreinigung der Zähne 16, 11, 25, 36, 31 und 45
1.3 Karenz jeglicher Mundhygienemaßnahmen (72 Stunden)
1.4 Plaqueanfärbung
1.5 Fotografische Dokumentation
1.6 Kauen der Probe (insgesamt 120 Sekunden)
1.7 Erneute Plaqueanfärbung
1.8 Erneute fotografische Dokumentation
1.9 Planimetrische Auswertung
Erholungsphase (4Tage):
Wiederaufnahme der Mundhygienegewohnheiten
2. Untersuchungsabschnitt
2.1 Kalibrierung der Handhabung der Probe Variante U
2.2 – 2.9 siehe 1.2 – 1.9

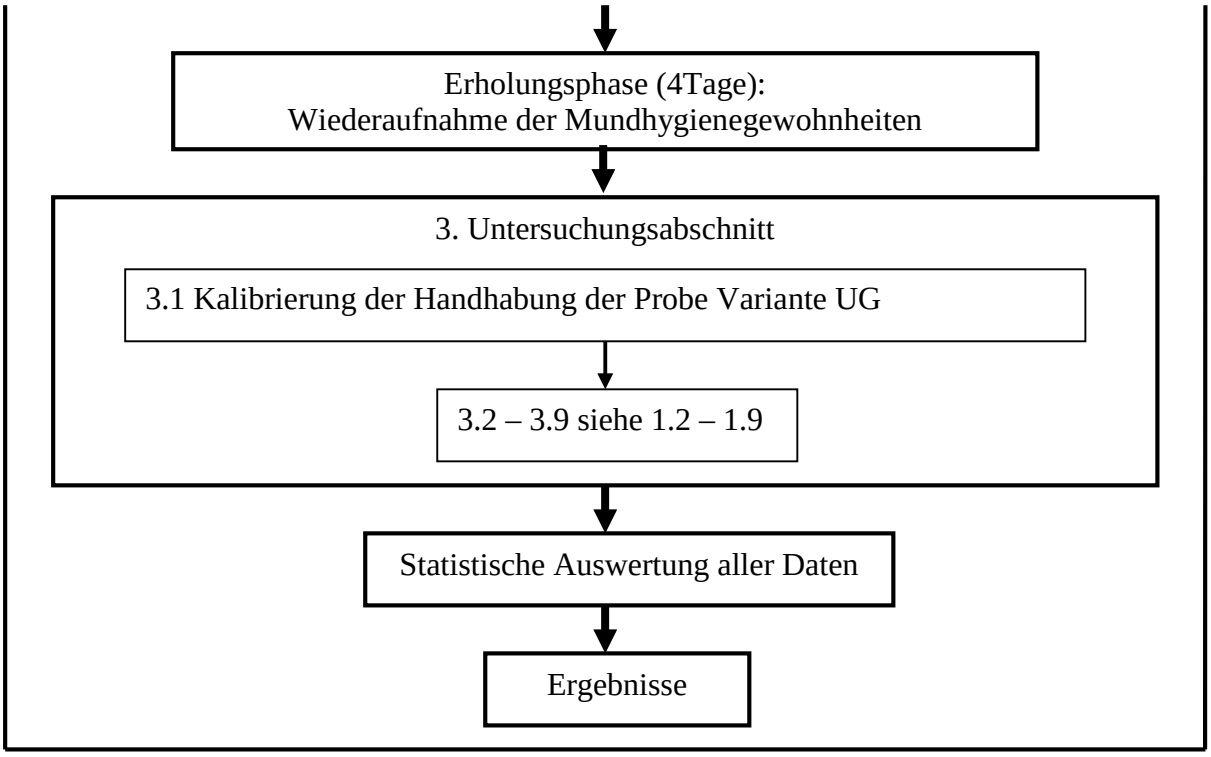


Abbildung 38: Fließschema des Studienablaufs:
Die Untersuchung verlief in 3 Untersuchungsabschnitten. Dabei fand im ersten Untersuchungsabschnitt zunächst die Kalibrierung der Probanden in der Handhabung der Kontrollprobe Q statt, gefolgt von der Kalibrierung der professionellen Zahnreinigung. Nach der Durchführung der professionellen Zahnreinigung der Zähne 16, 11, 25, 36, 31 und 45 begann eine Mundhygienekarenz (72 Stunden). Nach Ablauf der Mundhygienekarenz wurde nach Plaqueanfärbung der Plaquebefall fotografisch dokumentiert. Anschließend kauten die Probanden die Kontrollprobe Q (insgesamt 120 Sekunden). Abschließend wurde die verbliebene Plaque erneut angefärbt und fotografisch dokumentiert. Die fotografische Dokumentation wurde zur planimetrischen Auswertung elektronisch aufgearbeitet und bewertet. Alle Probanden legten eine Erholungsphase (4Tage) ein, indem sie ihre Mundhygienegewohnheiten wieder aufnahmen.
Im zweiten Untersuchungsabschnitt wurde zunächst die Handhabung der Probe Variante U kalibriert. Anschließend folgte eine professionelle Zahnreinigung der Zähne 16, 11, 25, 36, 31 und 45. Darauf hin galt eine 3-tägige Mundhygienekarenz einzuhalten. Nach der Mundhygienekarenz wurde der Plaquebefall angefärbt und fotografisch Dokumentiert. Alle Probanden kauten dann die Probe Variante U (insgesamt 120 Sekunden). Die verbliebene Plaque wurde erneut angefärbt und fotografisch dokumentiert. Die fotografischen Aufzeichnungen wurden im Anschluss planimetrisch ausgewertet. Alle Probanden konnten danach während der Erholungspause (4 Tage) ihre gewohnten Mundhygienegewohnheiten wieder praktizieren.
Der dritte Untersuchungsabschnitt begann mit der Kalibrierung der Handhabung der Probe Variante UG. Nach der professionellen Zahnreinigung der Zähne 16, 11, 25, 36, 31 und 45 begann erneut eine Mundhygienekarenz (72 Stunden). Am Ende der Mundhygienekarenzzeit wurde die Plaque angefärbt und fotografisch dokumentiert. Im Anschluss kauten alle Probanden die Probe Variante UG (insgesamt 120 Sekunden). Die verbliebene Plaque wurde angefärbt und fotografisch dokumentiert. Die fotografische Dokumentation wurde ebenfalls planimetrisch Ausgewertet. Die gewonnenen Daten nach der planimetrischen Auswertung wurden statistisch überprüft und analysiert, um Ergebnisse zu erzielen.

4.5. Untersuchungsmethodik

Diese Studie wurde von der Ethik-Kommission der Universität Witten/Herdecke genehmigt (Ethik-Kommission-Antragsnummer 117/2007). Sie wurde im Rahmen der ethischen Prinzipien der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes durchgeführt.

4.5.1. Kalibrierung der Probanden

Es fand insgesamt drei Mal eine Kalibrierung der Probanden statt. Dabei wurden jedes Mal erneut die Handhabung der Probe sowie die zeitliche Durchführung eingeübt. Im ersten Kalibrierungsdurchlauf fand zusätzlich eine Kalibrierung der professionellen Zahnreinigung statt.

In einer einführenden Veranstaltung am 08. Februar 2008, wurden die Probanden über den Ablauf der klinischen Untersuchung und die Handhabung der Kontrollprobe/Kauschaum mit quadratischem Querschnitt (Variante Q) unterrichtet.

Die Probanden wurden in der Kalibrierung aufgefordert die vorgegebene Probe 30 Sekunden pro Quadranten (insgesamt 120 Sekunden) zu kauen. Dabei wurde besonders auf die Handhabung der Variante Q geachtet. Im Anschluss wurde ebenfalls die Durchführung einer professionellen Zahnreinigung der Untersuchungsregionen kalibriert.

Am 15. Februar 2008 wurde zu Beginn der Untersuchung eine Einführung zur Handhabung des U-förmigen Kauschaums (Variante U) durchgeführt. Wie in der ersten Kalibrierung wurde hier der Proband aufgefordert, die vorgegebene Probe 30 Sekunden pro Quadranten (insgesamt 120 Sekunden) zu kauen.

Zu Beginn des dritten Untersuchungsabschnittes wurde am 22. Februar 2008 ebenfalls eine Kalibrierung der Handhabung des U-förmigen Kauschaums mit Aroma (Variante UG) durchgeführt. Auch bei diesem Kalibrierungsdurchlauf wurde der Proband aufgefordert, die vorgegebene Probe 30 Sekunden pro Quadranten (insgesamt 120 Sekunden) zu kauen.

Bei allen U-förmigen Proben wurde insbesondere darauf geachtet, dass die Probanden beim Kauen - anleitungskonform - mit den Zähnen in die Proben eintauchten. Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass beim Kauen im Bereich der Frontzähne, die Lippen - zur Erhöhung des Druckes auf die Proben - geschlossen blieben.

4.5.2. Kalibrierung des Untersuchers

Die Fotodentaldaten wurden mit und ohne Verblindung von zwei unabhängigen Untersuchern indexiert. Zur Kalibrierung diente die Arbeit von *Claydon* und *Addy* (1995). Die Datenstämme wurden zur statistischen Auswertung verglichen.

4.5.3. Aufbau und Ablauf der Untersuchung mit Plaqueakkumulation

Der Aufbau der Untersuchung mit Plaqueakkumulation basierte auf der „*3-day-plaque regrowth rate*“ aus den Untersuchungen von *Claydon* und *Addy* (1996). Die Mundhygienekarenz und die damit verbundenen Untersuchungen wurden in dieser Studie in drei Abschnitten durchgeführt, jeweils von Freitag auf Montag der folgenden Woche. Zu jeder Durchführungssequenz wurde von allen Probanden unisono jeweils eine der festgelegten drei Probensorten angewendet. Auf diese Weise kamen nacheinander alle drei Sorten des Polyurethan-Kauschaums zu Anwendung.

Der Untersuchungszeitraum befand sich zwischen dem 08.01.2008 und dem 25.02.2008 (49 Tage).

Jedem studentischen Probanden wurde eine Nummer zugewiesen (1-16), sie wurden in kleine Gruppen aufgeteilt.

Zu Beginn der Untersuchung wurde für alle Probanden mittels einer professionellen Zahnreinigung in kleinen Gruppen für eine plaquefreie Oberfläche an den zu untersuchenden Zähnen gesorgt. Die fachlich vorgebildeten Probanden führten diese professionelle Zahnreinigung, der Kalibrierung entsprechend, aneinander durch. In den folgenden 72 Stunden mussten die Probanden jede Art der Mundhygiene unterlassen und wurden aufgefordert, in dieser Zeit die Plaqueakkumulation zu unterstützen. Nach den 72 Stunden wurde mittels des Plaquerevelators Mira-2-Ton®* die Plaque sichtbar gemacht. Der QHI-Wert (Tabelle 1) wurde überprüft, da dieser idealerweise nicht weniger als Grad 3 betragen soll (nicht weniger als 1/3 Plaqueabdeckung vom Gingivarand gemessen). Mittels Retraktoren, Lateralspiegel und Fotokamera wurde die Plaqueausdehnung dokumentiert.

Tabelle 1: Plaqueindex nach Quigley und Hein (1962), zit. n. *Hoffmann*, 2010.

Grad 0	Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4	Grad 5
Keine Plaque	Vereinzelt Plaque-inseln	Deutliche Plaquelinie (bis 1 mm) entlang des Gingiva-randes	Plaque-ausdehnung >1mm Breite entlang dem Gingivarand bis $^1/_3$ der Zahnfläche	Plaque-ausdehnung bis max.$^2/_3$ der Zahnfläche	Plaque-ausdehnung > $^2/_3$ der Zahnfläche

Nach der ersten fotografischen Dokumentation kauten die Probanden jeweils eine der oben genannten Proben des Kauschaums gemäß der vorangegangenen Kalibrierung.

Erneut wurde die Plaque mittels des Plaquerevelators Mira-2-Ton®* sichtbar gemacht und erneut fotografisch dokumentiert.

Anschließend nahmen die Probanden ihre gewohnten Mundhygienemaßnahmen bis zum nächsten Untersuchungsdurchlauf wieder auf.

* Fällt nicht unter MPG.

4.6. Dokumentation

Die fotografische Dokumentation wurde mit einer Fotokamera Nikon D70*, einem Objektiv Micro Nikkor 105mm/2,8*, einem Nikon Makroblitz R1*, zwei einseitigen Retraktoren Mirahold® der Fa. Hager & Werken GmbH & Co KG* sowie rhodiumbeschichtetem Lateralspiegel der Fa. Doctorseyes* durchgeführt. Der Abbildungsmaßstab ist bei allen Aufnahmen auf 1:2 eingestellt.

Es wurden, vor und nach der Anwendung einer Probe, jeweils 6 Dentalfotos pro Proband erstellt mit folgenden Ausrichtungen:

(1) frontal: Zahn 11+31 vestibulär (spiegellose Aufnahme mit beidseitig angelegtem Retraktor)

(2) lateral rechts: Zahn 16+45 vestibulär (Lateralspiegel mit einseitigem Retraktor)

(3) lateral links: Zahn 25+36 vestibulär (Lateralspiegel mit einseitigem Retraktor)

(4) Frontzähne von lingual: Zahn 11+31 lingual (Spiegelaufnahme mit beidseitig angelegtem Retraktor)

(5) lingual rechts: Zahn 16+45 lingual (Lateralspiegel mit einseitigem Retraktor)

(6) lingual links: Zahn 25+36 lingual (Lateralspiegel mit einseitigem Retraktor)

* Fällt nicht unter MPG.

Abbildung 39: Beispiel einer Frontalansicht vor dem Kauen einer Probe (Foto: Lang).

Abbildung 40: Beispiel einer Frontalansicht nach dem Kauen einer Probe UG (Foto: Lang).

4.7. Klinische Befunderhebung

Speicherung und Auswertung der Bilder wurden mit einem Laptop Asus A8J* (Untersucher 1: S. Birowo) sowie mit einem Laptop IBM Thinkpad®T60* (Untersucher 2, verblindet: S. Staufer) vorgenommen. Die Werte beider Untersucher wurden anschließend verglichen. Bei Unterschieden in der Planimetrie-Bewertung wurden die Plaquebefunde erneut begutachtet und der Konsenswert weiter verarbeitet. Nach Abschluss der Untersuchung erfolgte eine computerassistierte Bewertung der Reduktion der Plaque an den vestibulären und lingualen Zahnglattflächen. Die Datenerhebung erfolgte mit und ohne Verblindung durch 2 Untersucher unabhängig voneinander.

Es wurde der modifizierte Navy Index unter Verwendung von Planimetrie angewendet nach *Claydon* und *Addy* (1995). Pro Zahnglattfläche, vestibulär sowie lingual, wurden 9 Felder eingeteilt. Es entstanden insgesamt 108 Felder pro Proband zur Auswertung der sechs vorgegebenen Zähne. Die Eintragung der Befunde erfolgte in Tabellenform mit Hilfe des Programms Excel.

Für die Verarbeitung der Daten und der Durchführung statistischer Tests wurden die Programme Microsoft Excel und EViews verwendet.

4.8. Planimetrische Analyse

Nach dem planimetrischen Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) werden die Zahnglattflächen jeweils in 9 Abschnitte eingeteilt (A-I). Diese Areale sind in ihrer Ausdehnung kleiner festgelegt worden in Bereichen häufiger Plaquebesiedelung und größer in Bereichen seltener Plaquebesiedelung. Die Bewertung des Plaquebefalls unterliegt einer Ja-/Nein-Entscheidung (Wert 0 = „keine Plaque“, Wert 1 = „Plaqueabdeckung“).

Die Auswertung fotografisch erfasster Bilder der einzelnen Zahnflächen wurde zur Bestimmung der planimetrischen Werte mit Hilfe einer computerassistierten transparenten Deckschablone des Programms Adobe Illustrator CS3* versehen

* Fällt nicht unter MPG.

durchgeführt. Die Begrenzungslinien der Zahnfelder wurden nach *Claydon* und *Addy* (1995) festgelegt (Abbildung 41) und mit kabelloser CTE-440 Wacom Pen Maus* eingezeichnet. Die planimetrische Auswertung wurde in einer Excel Tabelle dokumentiert (Tabelle 2).

Die Plaqueareale sind durch folgende anatomische Bezugspunkte eingeteilt:

- Gingivaler Sulkus
- Aproximaler Kontaktpunkt
- Vertikale Mittellinie
- Anatomischer Zahnäquator.

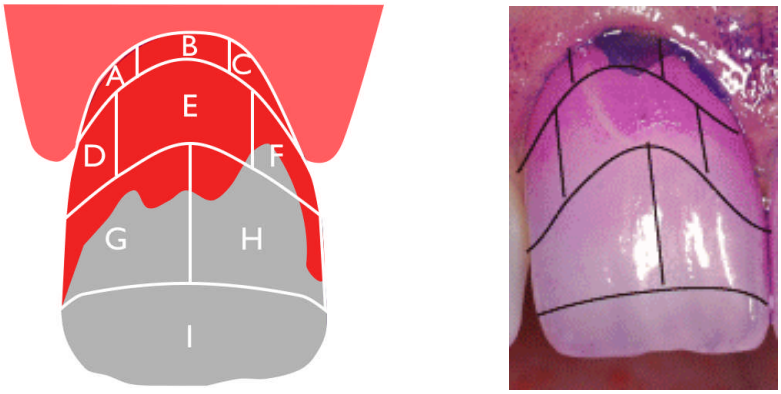


Abbildung 41: Planimetrischer Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) am Beispiel eines Schneidezahns (Foto: Lang).

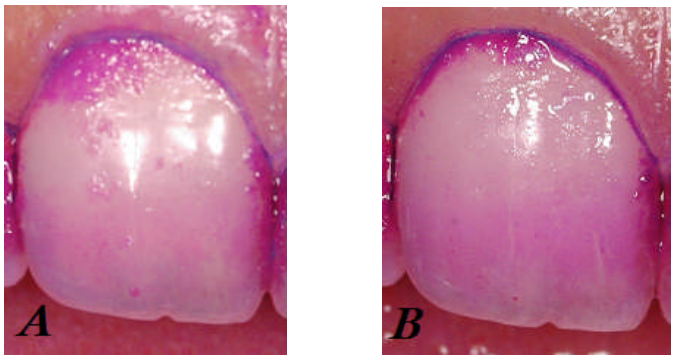


Abbildung 42: Zahn 11 des Probanden 13 vor- (A) und nach (B) dem Kauen der Probe UG (Foto: Lang).

* Fällt nicht unter MPG.

Tabelle 2: Auswertungsbeispiel anhand der Abbildung 42 mit dem Planimetrischen Index nach *Claydon* und *Addy* (1995).

Probandennummer	13
Zahn	11
Probe-Typ	UG

A. Zustand vor dem Kauen der Probe:

1	1	1
1	1	1
1		1
	0	

Summe der positiven Felder = 8

B. Zustand nach dem Kauen der Probe:

1	1	1
1	0	1
0		0
	0	

Summe der positiven Felder = 5

5. Ergebnisse

5.1. Klinische Untersuchung

Die vorliegende experimentelle klinische *cross-over* Studie wurde mit insgesamt 16 Probanden durchgeführt, die an allen Etappen der Studie erfolgreich teilnahmen. Diese Studie bestand aus 3 Durchläufen, in denen jeweils eine Variante des experimentellen Mundpflegeproduktes verwendet wurde.

In einigen Fällen existierte kein auswertbares Foto für den jeweiligen Zahn des Probanden. Gründe hierfür können unter anderem an zu schwacher Anfärbung der Plaque, an Zahnfehlstellungen und/oder an Schattenbildungen auf den Fotografien liegen. Der Stichprobenumfang wurde entsprechend reduziert, so dass in einigen Fällen mit maximal 15 Probanden statt 16 gerechnet werden musste.

Die erhobenen Daten über den Plaquebefall vor der Anwendung wurden auf statistische Ausreißer hin überprüft. Dabei wurde der entsprechende Test nach *Grubbs* durchgeführt (Rinne, 2003). Bei einem Signifikanzniveau von 5% mussten statistische Ausreißer in 2 Fällen aus der Datenbasis entfernt werden.

5.2. Statistische Auswertung

5.2.1. Deskriptive Datenanalyse

Dieser Abschnitt erläutert die Ausgangssituation der anfänglichen Plaquebelastung der einzelnen Probanden sowie die damit verbundene Reinigungswirkung der drei Varianten der Probe. Dabei ist die Variation der Reinigungswirkung der einzelnen Zähne und deren Felder Schwerpunkt der Analyse.

Zur Beurteilung des Reinigungserfolges wurden Variablen verwendet, die den Zustand der Zähne nach der Anwendung einer Probe beschreiben. Im Rahmen einer statistischen Untersuchung musste zunächst sichergestellt werden, dass nicht bereits in der Ausgangssituation systematische Unterschiede der Plaquebesiedlung bei den Probanden bestanden haben. Da die Ausgangssituation unabhängig von der darauf angewandten Variante der Probe ist, zeigten sich vergleichbare Ausgangswerte für alle Durchläufe.

Basierend auf der Definition der Werte 0 und 1, entsprechend dem planimetrischen Index nach *Claydon* und *Addy* (1995), wurde bei der Interpretation der Ergebnisse darauf geachtet, dass es sich bei einem Mittelwert um die Summe der sichtbar plaquebehafteten Zahnfelder handelte. Somit steht beispielsweise ein Mittelwert von 3 dafür, dass im Mittel ein Drittel der Zahnfelder dieses Zahnes Plaque aufweist und die übrigen zwei Drittel der Zahnfläche vollständig plaquefrei waren.

Die Ausgangssituationen der Plaquebesiedlung aller Probanden vor Anwendung einer Probe wurden in Häufigkeitstabellen aufgezeigt, nach Zähnen und Zahnfeldern gegliedert (Tabellen 3 und 4). Dabei bedeutet beispielsweise ein Wert von „16“ in der Spalte „Zahnfeld A“ für die Reihe „Variante Q - Zahn 11“ in der Tabelle für linguale Werte: dass von den 16 Probanden - zu Beginn der Anwendung der Probe Q - jeder Einzelne im Zahnfeld A des Zahnes 11 auf den lingualen Zahnflächen Plaque aufwies.

Die Ausgangssituationen bei jedem Durchlauf waren von der Art der darauf angewendeten Probe des experimentellen Mundhygieneproduktes unabhängig und zeigten in allen drei Durchläufen vergleichbare Ausgangswerte. Die Risikozahnfelder am Zahnfleischsaum (A, B und C) sowie die Zahnfelder D und F waren überwiegend bei allen Probanden mit Plaque überzogen gewesen. Die Zahnfelder E auf den lingualen Zahnflächen waren mit deutlich weniger Plaque behaftet als auf den vestibulären Zahnflächen. Die Zahnfelder G, H und I fielen bei einem deutlich hohen Anteil an Probanden gleich von Beginn an als plaquefreie Zahnfelder auf, im Vergleich zu den anderen Zahnfeldern.

Tabelle 3: Ausgangssituation: Plaquebefall vor Anwendung des experimentellen Mundhygieneproduktes an den lingualen Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt die Anzahl plaquebehafteten Zahnfelder der lingualen Zahnflächen aller Probanden an. Der maximale Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend der Probandenanzahl 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe aufgrund des Fehlens eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war lingual der Fall an: Zahn 11 bei der Anwendung der Probe U, Zahn 25 bei der Anwendung aller Proben, Zahn 36 bei der Anwendung der Probe UG sowie Zahn 45 bei der Anwendung der Probe Q. Die Gesamtsumme pro Probe-Variante gab die Summe aller plaquebehafteten Zahnfelder an, vor Anwendung der jeweiligen Probe an. Dieser Ausgangswert war für alle Varianten der Probe vergleichbar.

Probe	Zahn	Zahnfeld									**Summe**
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	11	16	16	16	13	11	13	8	11	1	105
	16	16	16	16	16	8	15	7	11	0	105
Variante Q	**25**	15	15	15	15	0	12	0	0	0	72
	31	16	16	16	16	7	16	10	9	2	108
	36	16	16	16	16	7	16	4	3	1	95
	45	15	15	15	15	8	15	4	6	1	94
Summe		94	94	94	91	41	87	33	40	5	**579**
	11	15	15	15	15	5	15	14	13	0	107
	16	16	16	16	16	7	16	9	8	0	104
Variante U	**25**	15	13	14	15	0	14	3	1	0	75
	31	16	16	16	16	8	16	10	10	0	108
	36	16	16	16	16	7	16	6	4	0	97
	45	16	16	16	16	11	16	6	7	2	106
Summe		94	92	93	94	38	93	48	43	2	**597**
	11	16	15	16	16	4	16	8	11	0	102
	16	16	16	16	16	9	14	5	8	1	101
Variante UG	**25**	15	12	14	15	0	14	1	1	0	72
	31	16	15	15	16	7	16	10	11	0	106
	36	15	15	15	15	5	15	4	4	0	88
	45	16	15	16	16	10	16	3	2	2	96
Summe		94	88	92	94	35	91	31	37	3	**565**

Tabelle 4: Ausgangssituation vestibulär: Plaquebefall vor Anwendung des experimentellen Mundhygieneproduktes an den vestibulären Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt die Anzahl plaquebehafteten Zahnfelder der vestibulären Zahnflächen aller Probanden an. Der maximale Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend der Probandenanzahl 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe wegen Fehlens eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war vestibulär der Fall an: Zahn 16 bei der Anwendung der Probe Q sowie Zahn 36 bei der Anwendung der Probe Q. Die Gesamtsumme pro Probe-Variante gab die Summe aller plaquebehafteten Zahnfelder vor Anwendung der jeweiligen Probe an. Dieser Ausgangswert war für alle Varianten der Probe vergleichbar.

Probe	Zahn	Zahnfeld									**Summe**
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	11	16	16	16	16	14	16	11	10	7	122
	16	15	15	15	15	15	15	13	15	2	120
Variante Q	**25**	16	16	16	16	11	16	11	10	4	116
	31	16	16	16	16	13	16	10	8	1	112
	36	15	15	15	15	15	15	11	5	1	107
	45	16	16	16	15	13	15	6	5	1	103
Summe		94	94	94	93	81	93	62	53	16	**680**
	11	16	16	16	16	14	16	8	10	6	118
	16	16	16	16	16	16	16	14	16	2	128
Variante U	**25**	16	16	16	16	14	16	12	9	4	119
	31	16	16	16	16	15	16	15	11	1	122
	36	16	16	16	16	14	16	12	5	2	113
	45	16	16	16	16	12	16	5	6	1	104
Summe		96	96	96	96	85	96	66	57	16	**704**
	11	16	16	16	15	15	16	4	6	3	107
	16	16	16	16	16	16	16	12	14	2	124
Variante UG	**25**	16	16	16	15	14	16	11	9	3	116
	31	16	16	16	16	13	16	11	7	1	112
	36	16	16	16	16	14	16	10	3	1	108
	45	16	16	16	16	12	16	5	5	1	103
Summe		96	96	96	94	84	96	53	44	11	**670**

In der Analyse der vorliegenden statistischen Daten standen zwei verschiedene Möglichkeiten zur Ermittlung des Reinigungserfolges des experimentellen Mundhygieneprodukts zur Auswahl. Zum einen kann der Reinigungserfolg als prozentuale Relation der plaquefreien Zahnfelder nach der Anwendung einer bestimmten Probevariante zu der Summe der Plaque aufweisenden Zahnfelder vor der Anwendung der Probe ermittelt werden. Zum anderen lässt sich der Reinigungserfolg aus der prozentualen Relation der gereinigten Zahnfelder zur Gesamtzahl der Zahnfelder bestimmen, welche vor der Anwendung einer bestimmten Probe Plaque aufwiesen.

Allerdings führte die erste Ermittlungsmethode zum augenscheinlichen Vorteil des Reinigungserfolges, indem die Risikozahnfelder (A, B, C, D, E und F) ein stark überproportionales Gewicht bei der Ermittlung des Reinigungserfolges im Gegensatz zu den Glattflächen (G, H und I) erhielten. Dadurch führte die Auswertung der einzelnen Zahnfelder in dieser Analyseform jedoch nicht zu klaren Ergebnissen. Um diesen Umstand Rechnung zu tragen, war es notwendig die Plaquereduktion der einzelnen Zahnfelder mit deren Ausgangs-Plaquebefall in Verbindung zu setzen. Der Reinigungserfolg des experimentellen Mundhygieneproduktes in dieser Studie wurde deshalb nach dem zweiten Ermittlungsweg festgelegt.

Anhand eines Beispiels bei den vestibulären Flächen des Zahnes 45 aller Probanden sollte die Ermittlung des Reinigungserfolges der Probe Variante UG kurz erläutert werden: Die planimetrische Auswertung der vestibulären Zahnfläche des Zahnes 45 (Abbildung 43) zeigte vor der Anwendung des experimentellen Mundhygieneproduktes 103 plaquebehaftete Zahnfelder. Nach der Anwendung der Probe Variante UG zeigten sich 7 von diesen Feldern vollständig gereinigt von Plaque.

Zur Ermittlung des Reinigungserfolges wurde vorab die prozentuale Plaquereduktion für die jeweilige 9 Zahnfelder (A bis I) der vestibulären Zahnflächen 45 ermittelt. Auf diese Weise ergab sich für die vestibulären Flächen des Zahnes 45 nach der Anwendung der Probe UG ein Reinigungserfolg von 21,85%.

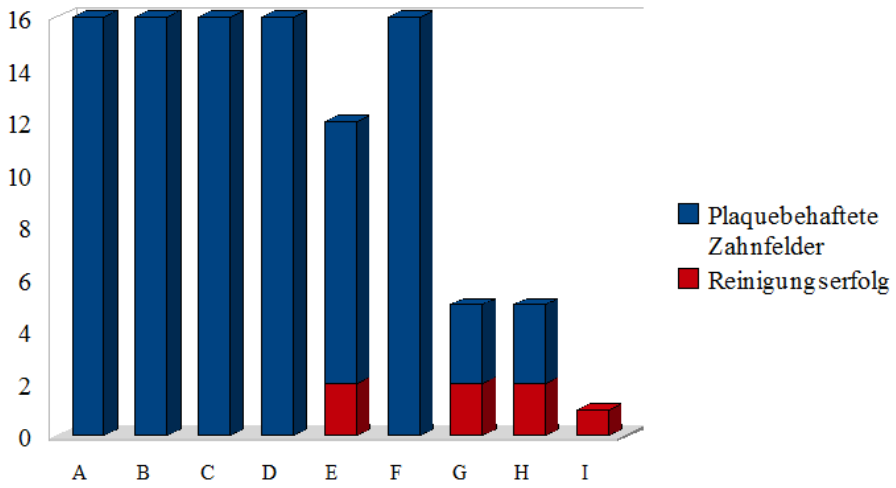


Abbildung 43: Reinigungserfolg durch Anwendung der Probe Variante UG an der vestibulären Zahnfläche des Zahnes 45:
In der Ausgangssituation waren 103 Zahnfelder positiv mit Plaque behaftet (Summe der gesamten Fläche der Balken), 7 davon zeigten sich nach der Anwendung der Probe Variante UG plaquefrei (rot markierte Flächen der Balken). Die blau markierten Flächen der Balken repräsentieren die Anzahl der Zahnfelder, die nach der Anwendung der Probe weiterhin Plaquebefall aufwiesen.
Die Abszisse zeigte die Zahnfelder (A-I) und die Ordinate zeigte die Anzahl nicht vollständig plaquefreie Zahnfelder (maximaler Wert = Stichprobenanzahl) an. Der Stichprobenanzahl betrug für Zahn 45 bei der Anwendung der Probe UG: 16 Zahnfelder.

Die pro Zahn ermittelte Plaquereduktion umfasste demnach die Anzahl der Zahnfelder pro Zahn (aggregiert über die Zahl der Probanden), welche vor der Anwendung plaquebehaftet waren und nach der Anwendung plaquefrei wurden. Es handelt sich bei diesen Angaben, um absolute Werte der Plaquereduktion der jeweiligen Varianten des experimentellen Mundhygieneproduktes (Tabelle 5 und 6). Die Werte wurden in der Abbildung 44-47 anschließend visuell graphisch dargestellt.

Aus der Relation der gereinigten Zahnfelder zur Gesamtzahl der Zahnfelder, welche vor der Anwendung bereits plaquebehaftet waren, lässt sich der prozentuale Reinigungserfolg des Kauschaums ermitteln (Tabelle 7 und 8).

Tabelle 5: Plaquereduktion nach Anwendung einer Probe des experimentellen Mundhygieneproduktes an den lingualen Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt die Anzahl der Zahnfelder, welche vor der Anwendung einer Probe plaquebehaftet waren, sich jedoch nach der Anwendung vollständig befreit von Plaque zeigten. Der maximale Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend des Stichprobenumfangs 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe durch das Fehlen eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war lingual der Fall an: Zahn 11 bei der Anwendung der Probe U, bei Zahn 25 bei der Anwendung aller Proben, an Zahn 36 bei der Anwendung der Probe UG sowie an Zahn 45 bei der Anwendung der Probe Q.

Probe	Zahn	Zahnfeld									**Summe**
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	11	2	2	0	3	2	1	1	2	0	13
	16	2	0	1	0	1	1	0	4	0	9
Variante Q	**25**	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4
	31	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
	36	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
	45	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Anzahl		7	7	2	3	3	2	2	6	0	**32**
	11	1	3	2	1	1	1	4	2	0	15
	16	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Variante U	**25**	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3
	31	1	1	2	0	1	0	1	0	0	6
	36	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
	45	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Anzahl		5	4	4	1	2	2	8	4	0	**30**
	11	1	1	0	0	0	1	1	2	0	6
	16	0	0	0	0	1	1	0	1	0	3
Variante UG	**25**	2	4	0	0	0	0	0	0	0	6
	31	1	1	1	0	0	0	0	2	0	5
	36	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	45	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Summe		4	6	1	0	2	2	2	5	1	**23**

Tabelle 6: Plaquereduktion nach Anwendung einer Probe des experimentellen Mundhygieneproduktes an den vestibulären Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt die Anzahl der Zahnfelder an, welche vor der Anwendung einer Probe plaquebehaftet waren, sich aber nach der Anwendung vollständig frei von Plaque erwiesen. Der maximale Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend des Stichprobenumfangs 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe aufgrund des Fehlens eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war vestibulär der Fall an: Zahn 16 bei der Anwendung der Probe Q sowie an Zahn 36 bei der Anwendung der Probe Q.

Probe	Zahn	Zahnfeld									**Summe**
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	11	0	0	0	0	2	1	3	2	4	12
	16	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5
Variante Q	**25**	0	0	0	0	0	0	4	3	1	8
	31	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	36	0	0	0	0	2	0	1	2	0	5
	45	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
Summe		0	0	0	1	5	1	9	10	7	**33**
	11	0	0	0	0	3	0	3	3	1	10
	16	0	0	0	0	0	0	3	5	1	9
Variante U	**25**	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
	31	0	0	0	1	1	0	1	3	0	6
	36	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4
	45	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
Summe		0	0	0	2	4	0	9	14	5	**34**
	11	0	1	0	1	2	0	1	3	1	9
	16	0	1	0	0	1	0	2	3	1	8
Variante UG	**25**	0	0	0	1	2	0	1	3	1	8
	31	0	0	0	0	2	0	2	2	0	6
	36	0	0	0	0	1	0	2	1	1	5
	45	0	0	0	0	2	0	2	2	1	7
Summe		0	2	0	2	10	0	10	14	5	**43**

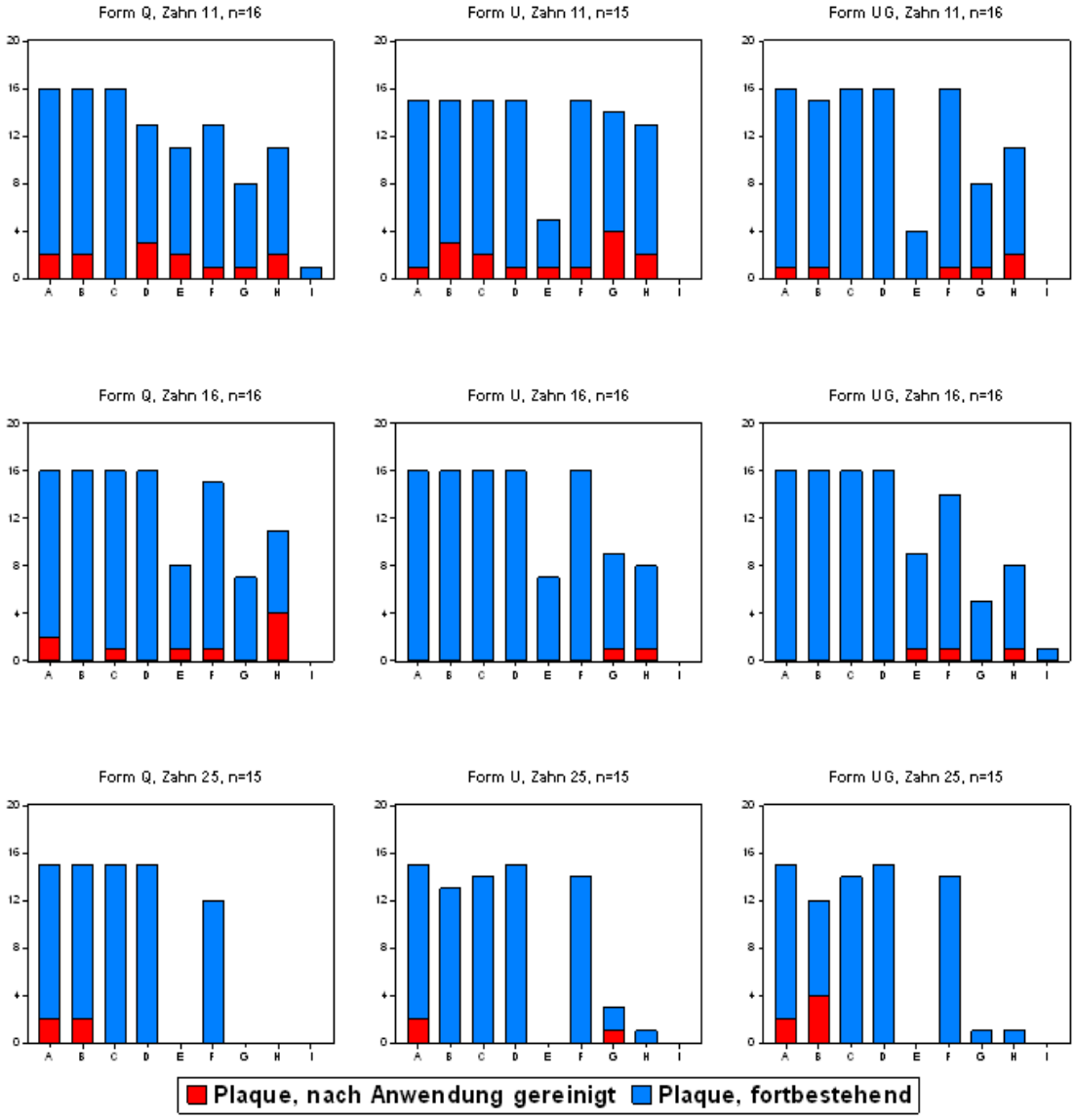


Abbildung 44: Plaquereduktion des experimentellen Mundhygieneproduktes an den lingualen Zahnflächen der Oberkiefer Zähne (11, 16 und 25):
Es werden die Anzahl nicht vollständig plaquefreier Zahnfelder vor und nach der Anwendung einer Probenvariante des experimentellen Mundhygieneproduktes an den lingualen Zahnflächen dargestellt. Die Abszisse zeigt die Zahnfelder (A-I) und die Ordinate zeigt die Anzahl nicht vollständig plaquefreier Zahnfelder (maximaler Wert = n: Stichprobenumfang). n: Stichprobenumfang = maximaler Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend der Probandenanzahl 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe durch das Fehlen eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war lingual im Oberkiefer der Fall an: Zahn 11 bei der Anwendung der Probe U sowie an Zahn 25 bei der Anwendung aller Proben.

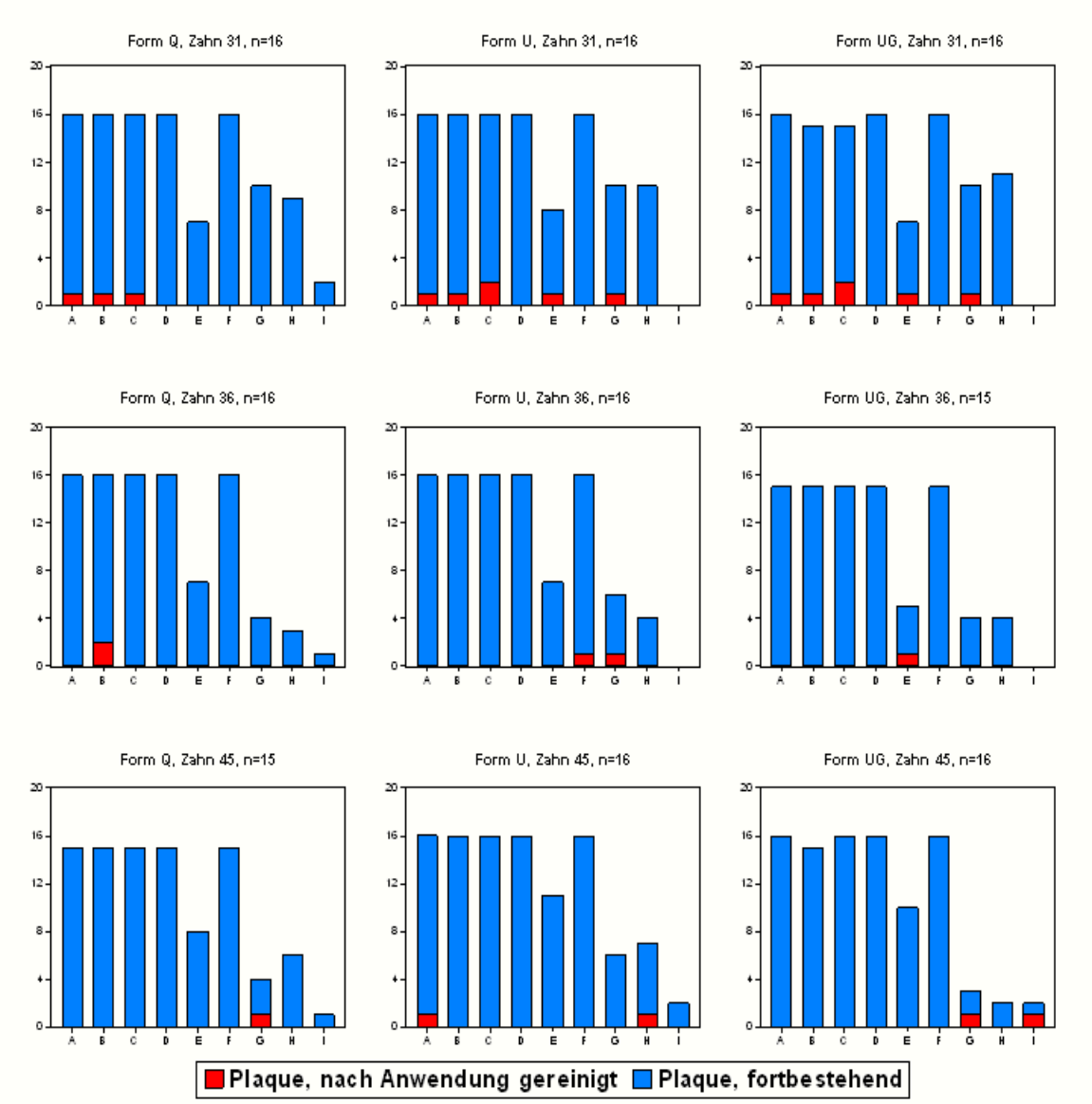


Abbildung 45: Plaquereduktion des experimentellen Mundhygieneproduktes an den lingualen Zahnflächen der Unterkiefer Zähne (31, 36 und 45):
Es werden die Anzahl nicht vollständig plaquefreier Zahnfelder vor und nach der Anwendung einer Probenvariante des experimentellen Mundhygieneproduktes an den lingualen Zahnflächen dargestellt. Die Abszisse zeigt die Zahnfelder (A-I) und die Ordinate zeigt die Anzahl nicht vollständig plaquefreier Zahnfelder (maximaler Wert = n: Stichprobenumfang). n: Stichprobenumfang = maximaler Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend der Probandenanzahl von 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe aufgrund des Fehlens eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war lingual im Unterkiefer der Fall an: Zahn 36 bei der Anwendung der Probe UG sowie an Zahn 45 bei der Anwendung der Probe Q.

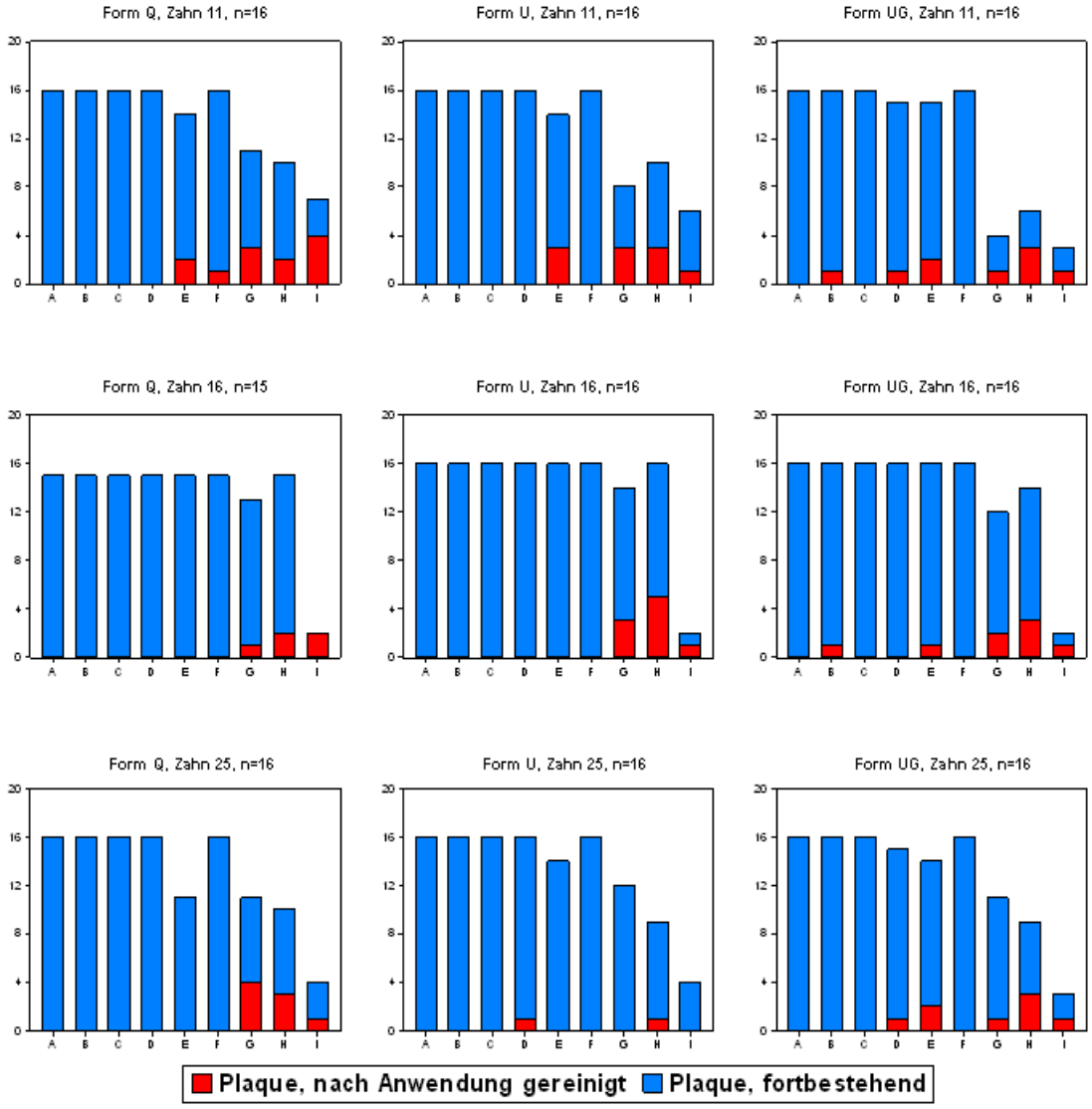


Abbildung 46: <u>Plaquereduktion des experimentellen Mundhygieneproduktes an den vestibulären Zahnflächen der Oberkiefer Zähne (11, 16 und 25)</u>:
Es werden die Anzahl nicht vollständig plaquefreier Zahnfelder vor und nach der Anwendung einer Probenvariante des experimentellen Mundhygieneproduktes an den vestibulären Zahnflächen dargestellt. Die Abszisse zeigt die Zahnfelder (A-I) und die Ordinate zeigt die Anzahl nicht vollständig plaquefreier Zahnfelder (maximaler Wert = n: Stichprobenumfang). n: Stichprobenumfang = maximaler Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend der Probandenanzahl 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe wegen Fehlens eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war vestibulär im Oberkiefer der Fall an: Zahn 16 bei der Anwendung der Probe Q.

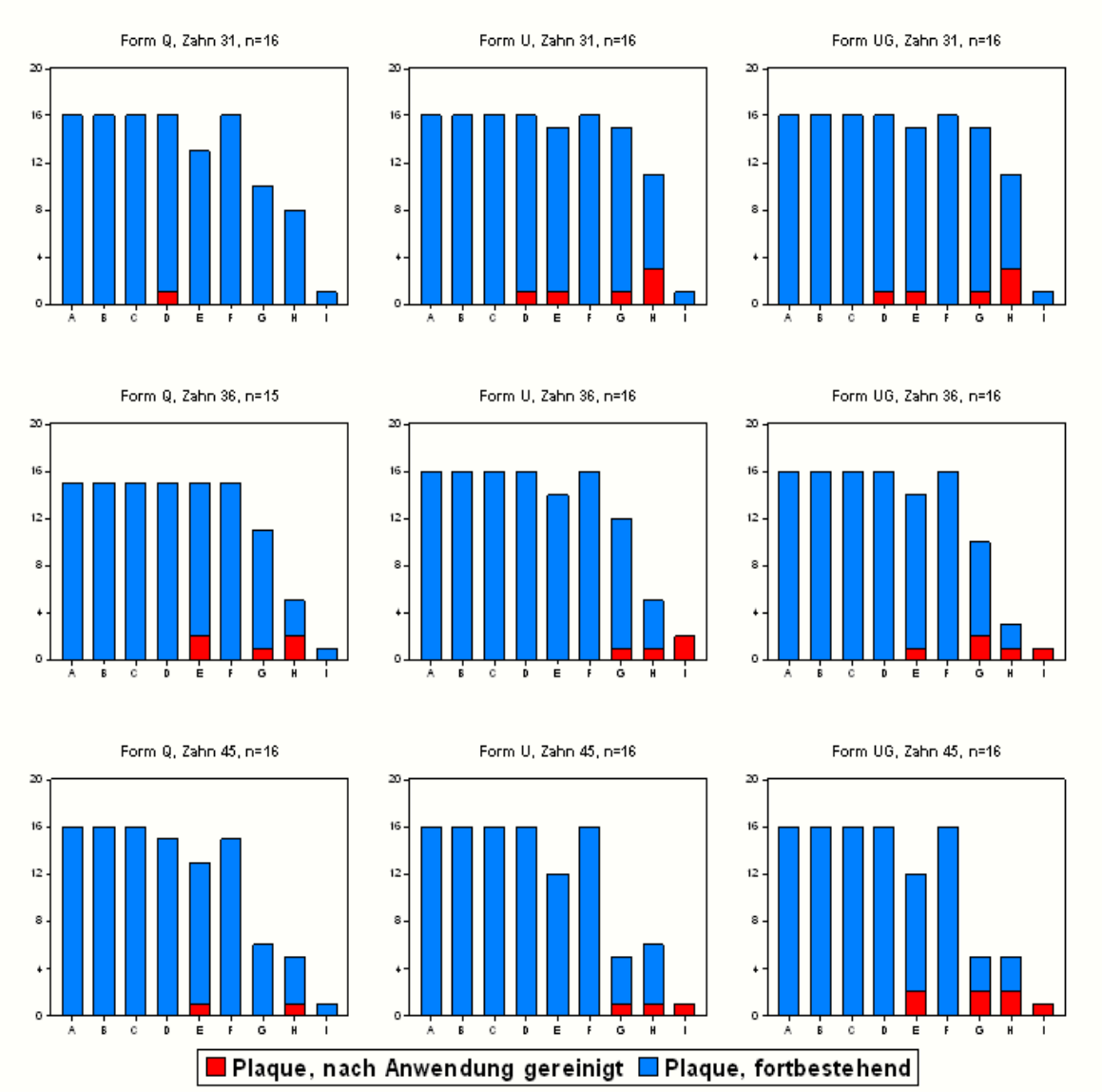


Abbildung 47: Plaquereduktion des experimentellen Mundhygieneproduktes an den vestibulären Zahnflächen der Unterkiefer Zähne (31, 36 und 45):
Es werden die Anzahl nicht vollständig plaquefreie Zahnfelder vor und nach der Anwendung einer Probenvariante des experimentellen Mundhygieneproduktes an den vestibulären Zahnflächen dargestellt. Die Abszisse zeigt die Zahnfelder (A-I) und die Ordinate zeigt die Anzahl nicht vollständig plaquefreie Zahnfelder (maximaler Wert = n: Stichprobenumfang). n: Stichprobenumfang = maximaler Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend der Probandenanzahl 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe durch das Fehlen eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war vestibulär im Unterkiefer der Fall an: Zahn 36 bei der Anwendung der Probe Q.

Tabelle 7: Prozentualer Reinigungserfolg nach Anwendung einer Probe des experimentellen Mundhygieneproduktes an den lingualen Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt den prozentualen Anteil der Zahnfelder lingual, welche vor der Anwendung einer Probe plaquebehaftet waren und nach der Anwendung vollständig plaquefrei wurden, im Verhältnis zu der Gesamtzahl plaquebehaftete linguale Zahnfelder. Der maximale Wert pro Zahnfeld eines Zahnes betrug entsprechend des Stichprobenumfangs 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe durch den Mangel eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war lingual der Fall an: Zahn 11 bei der Anwendung der Probe U, an Zahn 25 bei der Anwendung aller Proben, an Zahn 36 bei der Anwendung der Probe UG sowie an Zahn 45 bei der Anwendung der Probe Q. Des Weiteren stand die Angabe NA für: kein berechenbarer Wert, wenn ein Zahnfeld bereits vor Anwendung plaquefrei gewesen war. Die jeweiligen Summen repräsentierten Mittelwerte. Alle Werte waren Prozentangaben.

Probe	Zahn	Zahnfeld									**Summe**
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	11	12,50	12,50	0,00	23,08	18,18	7,69	12,50	18,18	0,00	12,38
	16	12,50	0,00	6,25	0,00	12,50	6,67	0,00	36,36	NA	8,57
Variante Q	**25**	13,33	13,33	0,00	0,00	NA	0,00	NA	NA	NA	5,56
	31	6,25	6,25	6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,78
	36	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	1,06
Summe		7,45	7,45	2,13	3,30	7,32	2,30	6,06	15,00	0,00	**5,53**
	11	6,67	20,00	13,33	6,67	20,00	6,67	28,57	15,38	NA	14,02
	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,11	12,50	NA	1,92
Variante U	**25**	13,33	0,00	0,00	0,00	NA	0,00	33,33	0,00	NA	4,00
	31	6,25	6,25	12,50	0,00	12,50	0,00	10,00	0,00	NA	5,56
	36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,25	16,67	0,00	NA	2,06
	45	6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	0,00	1,89
Summe		5,32	4,35	4,30	1,06	5,26	2,15	16,67	9,30	0,00	**5,03**
	11	6,25	6,67	0,00	0,00	0,00	6,25	12,50	18,18	NA	5,88
	16	0,00	0,00	0,00	0,00	11,11	7,14	0,00	12,50	0,00	2,97
Variante UG	**25**	13,33	33,33	0,00	0,00	NA	0,00	0,00	0,00	NA	8,33
	31	6,25	6,67	6,67	0,00	0,00	0,00	0,00	18,18	NA	4,72
	36	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	NA	1,14
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	50,00	2,08
Summe		4,26	6,82	1,09	0,00	5,71	2,20	6,45	13,51	33,33	**4,07**

Tabelle 8: Prozentualer Reinigungserfolg nach Anwendung einer Probe des experimentellen Mundhygieneproduktes an den vestibulären Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt den prozentualen Anteil der Zahnfelder vestibulär, welche vor der Anwendung einer Probe plaquebehaftet waren und nach der Anwendung vollständig plaquefrei wurden, im Verhältnis zu der Gesamtzahl plaquebehaftete vestibuläre Zahnfelder. Der maximale Wert pro Zahnfeld eines Zahnes war entsprechend des Stichprobenumfangs 16 bzw. 15, wenn die Stichprobe aufgrund des Fehlens eines auswertbaren Fotos reduziert wurde. Dies war vestibulär der Fall an: Zahn 16 bei der Anwendung der Probe Q sowie an Zahn 36 bei der Anwendung der Probe Q. Des Weiteren stand die Angabe NA für: kein berechenbarer Wert, wenn ein Zahnfeld bereits vor Anwendung plaquefrei gewesen war. Die jeweiligen Summen repräsentierten Mittelwerte. Alle Werte waren Prozentangaben.

Probe	Zahn	Zahnfeld									**Summe**
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
	11	0,00	0,00	0,00	0,00	14,29	6,25	27,27	20,00	57,14	9,84
	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	13,33	100,00	4,17
Variante Q	**25**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,36	30,00	25,00	6,90
	31	0,00	0,00	0,00	6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89
	36	0,00	0,00	0,00	0,00	13,33	0,00	9,09	40,00	0,00	4,67
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	7,69	0,00	0,00	20,00	0,00	1,94
Summe		0,00	0,00	0,00	1,08	6,17	1,08	14,52	18,87	43,75	**4,85**
	11	0,00	0,00	0,00	0,00	21,43	0,00	37,50	30,00	16,67	8,47
	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,43	31,25	50,00	7,03
Variante U	**25**	0,00	0,00	0,00	6,25	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00	1,68
	31	0,00	0,00	0,00	6,25	6,67	0,00	6,67	27,27	0,00	4,92
	36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	20,00	100,00	3,54
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	16,67	100,00	2,88
Summe		0,00	0,00	0,00	2,08	4,71	0,00	13,64	24,56	31,25	**4,83**
	11	0,00	6,25	0,00	6,67	13,33	0,00	25,00	50,00	33,33	8,41
	16	0,00	6,25	0,00	0,00	6,25	0,00	16,67	21,43	50,00	6,45
Variante UG	**25**	0,00	0,00	0,00	6,67	14,29	0,00	9,09	33,33	33,33	6,90
	31	0,00	0,00	0,00	0,00	15,38	0,00	18,18	28,57	0,00	5,36
	36	0,00	0,00	0,00	0,00	7,14	0,00	20,00	33,33	100,00	4,63
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	0,00	40,00	40,00	100,00	6,80
Summe		0,00	2,08	0,00	2,13	11,90	0,00	18,87	31,82	45,45	**6,42**

Die Betrachtung des prozentualen Reinigungserfolges bei den einzelnen Zahnfeldern lieferten interessante Ergebnisse. Im lingualen Bereich wiesen die Zahnfelder G und H einen höheren prozentualen Reinigungserfolg auf als beim der Rest der Zahnfelder (im Mittel rund 10%). Bei den Zahnfeldern E wurde lingual ein prozentualer Reinigungserfolg zwischen 5,3-7,3% erzielt. Die Reinigungswirkung an den Zahnfeldern D und F im lingualen Bereich erwies sich hingegen - prozentual betrachtet - als sehr gering (maximal 3,3%). Des Weiteren war der prozentuale Reinigungserfolg am Zahnfleischsaum (Zahnfelder A, B und C) am niedrigsten an den Zahnfelder C (maximal 4,3%), während sich an den Zahnfeldern A und B im Vergleich prozentuale Reinigungserfolge wie an den Zahnfelder E aufweisen ließen.

Im vestibulären Bereich lag der prozentuale Reinigungserfolg an den Zahnfeldern G und H noch höher als die der lingualen Zahnflächen (im Mittel rund 20%). Bei den Zahnfelder E wurde vestibulär ein prozentualer Reinigungserfolg zwischen 4,7-11,9% erzielt. Der prozentuale Reinigungserfolg erwies sich an den Zahnfeldern D und F ebenfalls, wie auf den lingualen Zahnflächen, als sehr gering (maximal 2,1%). Im Bereich des Zahnfleischsaumes (Zahnfelder A, B und C) konnte vestibulär keine relevante Reinigungswirkung festgestellt werden.

Der Reinigungserfolg des Zahnfeldes I war insgesamt nur schwer bewertbar. Es gab nur wenige Zahnfelder I der Probanden, die vor der Anwendung mit Plaque behaftet gewesen waren. Im Gegensatz zu lingualen Zahnflächen wurde jedoch auf den vestibulären Zahnflächen mindestens ein Drittel der wenigen mit Plaque behafteten Zahnfelder I gereinigt.

Im Durchschnitt erreichten die Varianten Q und U an den vestibulären sowie an den lingualen Zahnflächen einen Reinigungserfolg von nahezu 5%. Die Variante UG erreichte an den lingualen Zahnflächen eine durchschnittliche Reinigungswirkung von 4% während sie an den vestibulären Zahnflächen 6,4% betrug.

5.2.2. Statistische Überprüfung der Zusammenhänge

Die erhobenen Daten wurden statistisch evaluiert, um ein eventuelles zufälliges Zustandekommen der festgestellten Reinigungserfolge ausschließen zu können. Dabei wurden - zur Überprüfung der erreichten Reinigungswirkung - statistische Testverfahren angewandt, um festzustellen, inwieweit es sich um statistisch signifikante Werte handelte.

Bei der vorliegenden experimentellen klinischen Studie handelte es sich um ein *Cross-over* Studiendesign. Dabei wurden die erhobenen Daten durch Messwiederholungen mit derselben Probandengruppe gewonnen. Somit handelte es sich bei den Ausgangsdaten um verbundene Stichproben. Hiermit kann die Varianz der einen Messwertreihe die Varianz der anderen Stichprobe beeinflussen und umgekehrt. Um diesen Effekt statistisch zu berücksichtigen, wurde die Differenz des Plaquebefalls vor und nach der Anwendung einer Probe zur Beurteilung des Reinigungserfolges verwendet (Bortz, 2005).

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs, waren die Testergebnisse zur Bestimmung der Zufallswahrscheinlichkeiten mit den entsprechenden kritischen Werten der t-Verteilung abzugleichen. Der Standard-t-Test prüfte den Mittelwert der Datenreihen, bei dem der Reinigungserfolg signifikant von Null verschieden war. Da es sich hier um einen einseitigen t-Test handelt, musste lediglich die Nullhypothese eines Mittelwertes (Median) von Null gegen die Alternativhypothese eines positiven Reinigungserfolges getestet werden (Bortz, 2005).

Da die untersuchten Daten in vielen Fällen nicht die Grundvoraussetzung einer Normalverteilung erfüllten, wurden zusätzlich die Daten einem Vorzeichen-Rangtest nach *Wilcoxon* unterzogen. Der *Wilcoxon*-Test ist ein verteilungsfreier Test, welcher lediglich eine Ordinalskalierung der untersuchten Daten voraussetzt. Dieser Test sollte prüfen, ob eine signifikante Abweichung des Reinigungserfolges vom Median Null vorlag (Bortz, 2005; Rinne, 2003).

5.2.2.1. Reinigungserfolg bei einzelnen Zähnen

Zunächst wurde für alle drei Varianten der Probe untersucht, bei welchen Zähnen es im Mittel zu einer Reinigungswirkung kam, die signifikant von Null verschieden war. Mit einem Standard-t-Test wurde geprüft, ob der Mittelwert der Datenreihen für den Reinigungserfolg signifikant von Null verschieden war. Hierzu wurde die Nullhypothese eines Mittelwertes (Median) von Null gegen die Alternativhypothese einer positiven Wirkung des experimentellen Mundhygieneproduktes getestet. Aufgrund dieser Formulierung der Alternativhypothese mussten die Testwerte mit den kritischen Werten des einseitigen Standard-t-Tests verglichen werden.

Zusätzlich zum Standard-t-Test wurde der Vorzeichen-Rangtest nach *Wilcoxon* durchgeführt. Dies ist ein verteilungsfreier Signifikanztest, mit dem der Reinigungserfolg auf eine signifikante Abweichung des Medians vom Wert Null getestet werden kann. Der *Wilcoxon*-Test-Wert stellt erst dann einen signifikanten Reinigungserfolg dar, wenn eine bestimmte Anzahl positiver Differenzen der Messpaare („vorher-nacher“-Stichprobenpaare) vorhanden ist. Für die vorliegende Studie bedeutet dies, dass bei einer Anzahl der Zahnfelder von 9 (*Claydon* und *Addy*, 1995) müssen davon mehr als drei von Null verschiedene Werte sein, damit der *Wilcoxon*-Test einen signifikanten Reinigungserfolg erkennen lässt. Anders beim t-Test mit einem Signifikanzniveau von 5% wird eine positive Reinigung verzeichnet, sobald ein gewisser Wert erreicht wurde.

Um der doch teilweise starken Verletzung der Grundannahmen für die Durchführung eines t-Testes Rechnung zu tragen, wurde der Reinigungserfolg nur dann als signifikant von Null verschieden bewertet, wenn zusätzlich zum t-Test auch der *Wilcoxon*-Test zu diesem Ergebnis kam.

Tabelle 9: Signifikanztest des Reinigungserfolges bei einzelnen Zähnen an den lingualen Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt die statistische Signifikanz der Reinigungswirkung nach den Ergebnisse des Standard-t-Tests sowie des *Wilcoxon*-Tests. Die Reinigungswirkung wurde ermittelt durch den prozentualen Anteil der Zahnfelder, welche vor der Anwendung einer Probe plaquebehaftet waren und nach der Anwendung vollständig plaquefrei wurden, im Verhältnis zu der Gesamtzahl plaquebehafteter Zahnfelder.
Bei allen Varianten der Probe war lingual an 2 von 6 untersuchten Zähnen davon auszugehen, dass die Reinigungswirkung des Kauschaums nicht zufällig entstanden war und - bei einem Signifikanzniveau von 5% - signifikant von Null verschieden. Für die Variante Q waren dies die Zähne 11 und 16, während es sich für die Varianten U und UG um die Zähne 11 und 31 handelte.
Der einseitige Standard-t-Test hatte die Nullhypothese eines Medians von Null gegenüber der Alternativhypothese eines Medians größer Null geprüft.
Bei der Ermittlung der statistischen Werte war zu berücksichtigen, dass es sich um Zahnflächen handelt und deshalb der Stichprobenumfang hier der Anzahl der Zahnfelder entspricht (Stichprobenumfang = 9).
(*), (**) bzw. (***): die Nullhypothese konnte zugunsten der Alternativhypothese bei einem Signifikanzniveau von höchstens 10-, 5- bzw. 1% abgelehnt werden.

Probe	Zahn	t-Test	*Wilcoxon*
	11	4,39***	2,30**
	16	2,17**	1,90**
Variante Q	**25**	1,63*	0,94
	31	2,00**	1,44*
	36	1,00	0
	45	1,00	0
	11	5,20***	2,47***
	16	1,52*	0,89
Variante U	**25**	1,38	0,89
	31	3,08***	1,90**
	36	1,35	0,89
	45	1,38	0,89
	11	2,70**	1,90**
	16	1,93**	1,33*
Variante UG	**25**	1,38	0,89
	31	2,11**	1,66**
	36	1,00	0
	45	1,47*	0,89

An den lingualen Zahnflächen (Tabelle 9) zeigten alle Varianten des experimentellen Mnndhygieneprodukte ähnliche Ergebnisse. Bei jeder Variante konnten an 2 von 6 untersuchten Zähnen davon ausgegangen werden, dass die Reinigungswirkung des Kauschaums nicht zufällig entstanden war und - bei einem Signifikanzniveau von 5% - signifikant von Null verschieden ist. Bei der Variante Q waren dies die Zähne 11 und 16, bei den Varianten U und UG die Zähne 11 und 31. Der Reinigungserfolg lag bei den genannten Zähnen im Mittel zwischen knapp 5-15%. Für weitere Zähne konnten keine statistisch signifikante Reinigungserfolge ermittelt werden.

Tabelle 10: Signifikanztest des Reinigungserfolges bei einzelnen Zähnen an den vestibulären Zahnflächen:
Diese Tabelle zeigt die statistische Signifikanz der Reinigungswirkung nach den Ergebnissen des Standard-t-Tests sowie des *Wilcoxon*-Tests. Die Reinigungswirkung wurde ermittelt durch den prozentualen Anteil der Zahnfelder, welche vor der Anwendung einer Probe plaquebehaftet waren und nach der Anwendung vollständig plaquefrei wurden, im Verhältnis zu der Gesamtzahl plaquebehafteter Zahnfelder.
Bei allen Varianten der Probe war vestibulär an Zahn 11 davon auszugehen, dass die Reinigungswirkung des Kauschaums nicht zufällig entstanden war und - bei einem Signifikanzniveau von 5% - signifikant von Null verschieden. Lediglich bei der Variante UG gab es weitere Reinigungserfolge vestibulär an den Zähnen 16, 25 und 45 die - bei einem Signifikanzniveau von 5% - signifikant von Null verschieden waren. Der einseitige Standard-t-Test hatte die Nullhypothese eines Medians von Null gegenüber der Alternativhypothese eines Medians größer Null geprüft.
Bei der Ermittlung der statistischen Werte war zu berücksichtigen, dass es sich um Zahnflächen handelt und deshalb der Stichprobenumfang hier der Anzahl der Zahnfelder entspricht (Stichprobenumfang = 9).
(*), (**) bzw. (***): die Nullhypothese konnte zugunsten der Alternativhypothese bei einem Signifikanzniveau von höchstens 10-, 5- bzw. 1% abgelehnt werden.

Probe	Zahn	t-Test	*Wilcoxon*
	11	2,18**	1,89**
	16	1,23	1,34*
Variante Q	**25**	1,97**	1,34*
	31	1,00	0
	36	1,56*	1,34*
	45	1,35	0,89
	11	2,34**	1,64**
	16	1,84*	1,33*
Variante U	**25**	1,44*	0,89
	31	1,76*	1,66**
	36	1,30	1,33*
	45	1,39	1,34*
	11	2,55**	2,10**
	16	2,06**	1,90**
Variante UG	**25**	2,34**	1,90**
	31	1,90**	1,34*
	36	1,62*	1,64*
	45	1,94**	1,66**

An den vestibulären Zahnflächen (Tabelle 10) erzielten alle Varianten des Kauschaums an Zahn 11 eine signifikante Reinigungswirkung. Die Reinigungswirkung betraf im Mittel zwischen 11,5-15%. Bei den Varianten Q und U zeigten sich weitere Ergebnisse - bei einem Signifikanzniveau von 5% - insignifikant. Die Variante UG verzeichnete dagegen Reinigungserfolge an weiteren Zähnen (16, 25 und 45), die signifikant von Null verschieden sind.

Aus den Ergebnissen der Signifikanztests ergaben sich positive Reinigungswerte bei einem Signifikanzniveau von 5% als wichtige Aussage zur Bestimmung des Reinigungspotenzials dieses experimentellen Mundhygieneproduktes. Zur besseren Übersicht werden in der Tabelle 11 die durchschnittlichen prozentualen Reinigungswirkungen an den einzelnen Zähnen aufgeführt, die diese statistischen Kriterien erfüllen. Der Eintrag „ins“ steht für eine insignifikante positive Reinigungswirkung bei einem Signifikanzniveau von 5% für den jeweiligen Zahn.

Tabelle 11: Zusammenfassende prozentuale Reinigungserfolge mit Berücksichtigung der Testergebnisse:
Diese Tabelle zeigt den prozentualen Anteil aller Zahnfelder lingual sowie vestibulär, welche vor der Anwendung einer Probe plaquebehaftet waren und nach der Anwendung vollständig plaquefrei wurden, im Verhältnis zu der Gesamtzahl aller plaquebehafteten Zahnfelder. Es wurden nur Werte ausgewiesen, die in der Tabelle 9 und 10 eine signifikant von Null verschiedene Reinigungsleistung erzielten.
Die Angabe „ins“ kennzeichnet insignifikante positive Reinigungswirkungen (Signifikanzniveau = 5%).
Die angegebenen Werte waren Prozentangaben.

Zahnfläche	Zahn	Variante Q	Variante U	Variante UG
Lingual	**11**	11,63	14,66	6,23
	16	9,29	ins.	ins.
	25	ins.	ins.	ins.
	31	ins.	5,94	4,72
	36	ins.	ins.	ins.
	45	ins.	ins.	ins.
Vestibulär	**11**	13,88	11,73	14,95
	16	ins.	ins.	11,18
	25	ins.	ins.	10,75
	31	ins.	ins.	ins.
	36	ins.	ins.	ins.
	45	ins.	ins.	21,85

Insgesamt war der Reinigungserfolg des experimentellen Mundhygieneproduktes in der Ausführung der Variante Q (Kontrollprobe) sowie auch der Variante U sehr gering. Nur ein Drittel der Zähne im lingualen Bereich sowie ein von sechs Zähnen im vestibulären Bereich zeigten einen signifikant von Null verschiedenen Reinigungserfolg. Der Reinigungserfolg betrug je Zahn 5-15%. Die Variante UG konnte sich hinsichtlich ihres Reinigungserfolges im lingualen Bereich nicht von der Variante U unterscheiden. Im vestibulären Bereich jedoch zeigte die Variante UG deutlich bessere Reinigungserfolge. Hier kam es bei vier von sechs Zähnen zu einer signifikanten Reinigungsleistung. Es wurden je nach Zahn zwischen 10-22% der Zahnfelder völlig von Plaque gereinigt, die vor der Anwendung Plaque aufwiesen.

5.2.2.2. Reinigungserfolg bei einzelnen Zahnfeldern

Unter den Varianten der experimentellen Mundhygieneartikel zeigte die Probe UG eine erhöhte Anzahl an Beobachtungen zum Reinigungserfolg, die nicht gleich Null sind. Ferner wird daher in diesem Abschnitt eine eingehende Differenzierung der Reinigungswirkung der Probe UG nach Zahnfeldern vorgenommen. Zur Überprüfung von möglichen signifikanten relativen Reinigungserfolgen der einzelnen Zahnfelder wurden der Standard-t-Test und der *Wilcoxon*-Test angewendet (Tabelle 12).

Tabelle 12: Signifikanztests für den relativen Reinigungserfolg bei einzelnen Zahnfeldern der Variante UG:
Nach der Anwendung der Probe Variante UG konnten lediglich an den vestibulären Zahnfeldern E, G, H und I deutliche signifikante Reinigungserfolge festgestellt werden.
Es wurden nur Mittelwerte (Median) aufgeführt, bei denen durch die Methode der Anwendung des Standard-t-Tests sowie des *Wilcoxon*-Tests die Nullhypothese eines Medians von Null zugunsten der Alternativhypothese eines Medians größer Null (bei einem Signifikanzniveau von 5 bzw. 1%) abgelehnt werden konnte.
Bei der Ermittlung der statistischen Werte war zu berücksichtigen, dass es sich um Zahnfelder handelt und deshalb der Stichprobenumfang hier der Anzahl der zu untersuchenden Zähne entspricht (Stichprobenumfang = 6).
„NA“: kein Testwert ermittelbar, da alle Beobachtungswerte gleich Null.
(*), (**) bzw. (***): die Nullhypothese eines Medians von Null kann zugunsten der Alternativhypothese eines Medians größer Null bei einem Signifikanzniveau von höchstens 10-, 5- bzw. 1% abgelehnt werden.

Zahnfläche	Zahnfeld	t-Test	*Wilcoxon*	Median
	A	1,96 *	1,36 *	
	B	1,47	1,36 *	
	C	1,00	0,00	
	D	NA	NA	
Lingual	**E**	1,58 *	0,89	
	F	1,58 *	0,89	
	G	1,38	0,89	
	H	2,18 **	1,36 *	
	I	1,00	0,00	
	A	NA	NA	
	B	1,58 *	0,94	
	C	NA	NA	
	D	1,58 *	0,94	
Vestibulär	**E**	6,78 ***	2,10 **	12,18
	F	NA	NA	
	G	5,04 ***	2,10 **	21,49
	H	8,62 ***	2,10 **	34,44
	I	3,23 **	1,91 **	52,78

Die vestibulären Zahnfelder E, G, H und I weisen deutliche signifikante Reinigungserfolge auf. Es wurden 12-50% der anfänglich plaquebehafteten vestibulären Zahnfelder E, G, H und I nach der Anwendung der Probe UG plaquefrei. Der Zahnfleischsaum (Zahnfelder A, B und C) sowie die Zahnfelder D und F zeigten vestibulär lediglich insignifikante Reinigungseffekte. Im lingualen Bereich konnte insgesamt die Wahrscheinlichkeit eines nur zufällig zustande gekommenen Reinigungseffekts für keines der Zahnfelder ausgeschlossen werden.

6. Diskussion

6.1. Experimentelles Mundhygieneprodukt

Bei den bereitgestellten Proben des experimentellen Mundhygieneproduktes handelt es sich um Prototypen. Sie wiesen verschiedene Fehler auf, beispielsweise in der Präzision der Form, der Abmessungen und des Kauwiderstand des Produktes. Die Gründe hierfür, sind höchstwahrscheinlich zum einen die Fertigung von Hand, zum anderen die Art der Verpackung, die keinen adäquaten Schutz dieser Prototypen gegen Deformation durch Druck gewährte.

Es lagen insgesamt zwei Formvarianten des zu untersuchenden experimentellen Mundhygieneproduktes in dieser Studie vor, eine Form mit quadratischem Querschnitt sowie eine U-Form, wobei die U-Form eine größere Oberfläche aufweist. Die vergrößerte Oberfläche ist jedoch weniger von Vorteil, falls es durch Deformationen zu möglicher Reduktion der zur Verfügung stehenden Putzfläche kommen könnte bzw. zur Störung der Adaptation der Probenoberfläche an die Zahnflächen (beispielsweise aufgebogene bzw. zugedrückte oder verzerrte U-Form des Putzkörpers). Die festgestellten hohen Schwankungsbreiten bezüglich der Formgebung erschweren die Abgrenzung der einzelnen Varianten und verschleiern somit eine genaue Analyse zum Zweck einer Optimierung der zu wählenden Form.

Des Weiteren ist von Interesse, dass die Prototypen der Variante UG insgesamt eine deutlich geringere Schwankungsbreite hinsichtlich ihrer tatsächlichen Ausgestaltung aufwiesen als diejenigen der Variante U. Auch dieser Umstand könnte dazu beigetragen haben, dass die Vorteile einer U-Form in der Variante UG deutlicher zutage kommen kann als bei der Anwendung der Variante U.

Die Differenzierung der Reinigungsleistung der Variante UG nach einzelnen Zahnfeldern zeigte die Stärken und Schwächen des Produktes in seiner bisherigen spezifischen U-Form auf. An den lingualen Zahnflächen zeigte die Variante UG nur insignifikante Reinigungsleistung, während an den vestibulären Zahnflächen gute Reinigungserfolge bei den Zahnfeldern E, G, H und I erreicht wurden. Die Zahnfelder A, B und C (Zahnfleischsaum) und die mittleren Bereiche des Zahnes, die zum Teil in der Krümmung zum Zahnzwischenraum liegen (Zahnfelder D und

F), wurden jedoch in nicht nennenswertem Ausmaß erreicht und gelten somit als Schwachstellen der bisherigen spezifischen U-Form des experimentellen Mundhygieneproduktes.

Die Darstellung der Reinigungserfolge durch die Anwendung der getesteten U-Form des experimentellen Mundhygieneproduktes (Variante U sowie UG) im Vergleich zur kubische Form der Kontrollprobe lässt erkennen, dass die U-Form ein höheres Potential der Reinigungseffizienz in sich birgt und ein guter Ansatz zur Optimierung der Produktgestaltung darstellt.

Obwohl die Variante U und UG eine theoretisch identische Gestaltung aufweisen, ist die Probe UG im Gegensatz zur Variante U zusätzlich aromatisiert. Bei der Betrachtung der statistischen Auswertung ist ein höherer Reinigungserfolg der Probe UG im Gegensatz zur Variante U zu erkennen. Dabei steht die Hypothese zur Frage, ob dem Aroma der Variante UG eine Schlüsselfunktion zukommt. So kann angenommen werden, dass eine Aromatisierung des experimentellen Mundhygieneproduktes zu verstärkter Mastikation wie auch zu vermehrtem Speichelfluss führt. Diese Faktoren könnten den besseren Reinigungserfolg der Probe UG beeinflusst haben. Im weiteren Verlauf wird das angenommene Phänomen der Einfachheit halber als „Aromaeffekt“ bezeichnet.

Dawes und *Macpherson* kamen 1992 zu dem Ergebnis, dass das Kauen einer geschmacksneutralen Kaumasse ebenfalls einen Anstieg des Speichelflusses bewirkt; jedoch ist dieser Effekt geringer als bei zusätzlicher gustatorischer Stimulation. Sie verglichen die Speichelfließrate beim Kauen unterschiedlicher Kaugummis verschiedener Geschmacksrichtungen mit der einer geschmacksneutralen Kaugummimasse. Durch alle Kaugummis mit Geschmack stieg die Speichelfließrate zu Beginn um das 10- bis 12-fache gegenüber der Speichelfließrate beim Kauen der geschmacksneutralen Kaugummimasse. Nach 20-minütigem Kauen war die Speichelfließrate bei den geschmacklich stimulierenden Kaugummis immer noch um das 2,7-fache höher als beim Kauen der geschmacksneutralen Kaugummimasse.

Es ist hierbei von Interesse, dass der Speichel beim gesunden Menschen von drei paarigen großen Speicheldrüsen (*Glandulae parotidea*, *Glandulae sublingualis* und *Glandulae submandibularis*) sowie von zahlreichen kleineren akzessorischen

Speicheldrüsen gebildet wird. Alle Speicheldrüsen sezernieren unterschiedliche Speichelzusammensetzungen. Der unstimulierte Speichel wird in etwa 20% von *Glandulae parotidea* und 65% von *Glandulae submandibularis* produziert, ergänzt von der Speichelproduktion der *Glandulae sublingualis* sowie durch die kleinen Speicheldrüsen. Durch Stimulation verschiebt sich die Verteilung mit erhöhtem Anteil der *Glandulae parotidea* von bis zu 50 % (Niedermeier et al., 2000).

Durch die Umverteilung der Speichelproduktion bei Stimulation verändert sich somit auch die Zusammensetzung des Speichels und seine Pufferkapazität. Dabei steigt unter anderem die Bicarbonatkonzentration im stimulierten Speichel und damit auch der Bicarbonatpuffer (HCO_3^-/H_2CO_3) des Speichels (Dawes und Kubieniec, 2004). Der Bicarbonatpuffer des Speichels erfüllt eine wichtige Rolle bei der Neutralisierung von Säuren in der Mundhöhle. Das Bicarbonat/ Hydrogencarbonat bildet mit der Säure eine schwache Kohlensäure. Dabei kommt es zu Erhöhung des pH-Wertes des Speichels und der Mundhöhle. Da Speichel und Plaque durch ständigen Ionenaustausch dauerhaft miteinander in Verbindung stehen, beeinflusst der Speichel unmittelbar den pH-Wert der Plaque. Durch Diffusion von Bicarbonat aus dem stimulierten Speichel in die Plaque können Säureangriffe der Plaque-Mikroorganismen abgepuffert werden, was somit die Kariesprävention begünstigt (Lagerlöf und Oliveby, 1994).

Somit kann nicht nur eine mögliche Erhöhung des mechanischen Reinigungserfolges als positive Wirkung des „Aromaeffektes“ erwartet werden, sondern auch ein positiver Einfluss der Speichelpufferkapazität.

Der Rahmen dieser Studie umfasst nicht die weiterführende Untersuchung über einen möglichen „Aromaeffekt“ sowie überprüft nicht ob die Gelschicht des Aromaträgers der Variante Probe UG Einfluss auf die Plastizität des Kauschaums haben könnte und somit als Begründung der positiveren Reinigungsleistung an den vestibulären Zahnflächen der Variante UG gegenüber der Variante U in Frage käme.

6.2. Studiendesign

6.2.1. Probandenauswahl

An dieser Studie hatten freiwillige Probanden mit sehr guter Mundhygiene und entsprechender Vorkenntnis in der Ausführung einer professionellen Zahnreinigung teilgenommen. Diese Probanden waren vorklinische Zahnmedizin-Studenten der Fakultät für Gesundheit der Universität Witten/Herdecke. Bei dieser Studie lag das Durchschnittsalter (22,19 Jahre) der Probanden relativ niedrig.

Es wurden Studenten mit mindestens 24 vollständig durchgebrochenen Zähnen ausgewählt. Potentielle Probanden mit fehlenden bzw. prothetisch restaurierten Zähnen 16, 11, 25, 36, 31 und/ oder 45, sowie Personen, bei denen eine Schwangerschaft bestünde, blieben von der Studie ausgeschlossen.

Durch die oben genannten Kriterien wurde jedoch eine Einengung der Studienpopulation mit weitgehender Uniformität erreicht. Dadurch blieb die Variabilität der Individuen der Gesellschaft zugunsten größtmöglicher Vergleichbarkeit, wie beispielsweise die manuelle Geschicklichkeit, Speichelfließrate oder Physiologie des Gebisses von Kindern oder auch von Senioren, unberücksichtigt.

Ob das spätere Endprodukt auf der Basis des zu untersuchenden experimentellen Mundhygieneproduktes auch von Kindern oder respektive von Jugendlichen unter 14 Jahren ohne toxikologische Bedenken angewendet werden darf, ist nach dem derzeitig vorliegenden toxikologischen Gutachten ebenfalls noch nicht geklärt.

6.2.2. Anzahl der Probanden

Die Festlegung der Probandenanzahl sollte nach dem ausgewählten Studiendesign erfolgen. Das *Cross-over* Studiendesign lässt im Vergleich zum Parallel-Studiendesign eine kleinere Probandenanzahl zu. An dieser Studie nahmen insgesamt 16 Probanden teil, die gemeinsam alle 3 Untersuchungsdurchgänge durchliefen.

An jedem Probanden wurden zu den jeweiligen Untersuchungsdurchgängen, vor und nach der Anwendung einer Probe, jeweils Aufnahmen von 12 Zahnflächen erstellt. Unter Berücksichtigung des Zeit-/Kostenaufwands sowie Umsetzung der Studienanforderungen, wurde die Anzahl der Studienteilnehmer von 16 Personen als klinisch und statistisch ausreichend erachtet.

6.2.3. Untersuchungsmethodik

Über einen möglichen „Aromaeffekt“ hinaus könnte der Unterschied des Reinigungserfolges der Form U in der Variante U im Vergleich zur Variante UG durch einen weiteren Aspekt beeinflusst sein. Denn die Versuchsanordnung sah vor, dass alle Probanden im ersten Durchlauf die Probe Q, im zweiten Durchlauf die Probe U und im dritten Durchgang die Probe UG bekamen.

Während also die U-förmige Probe im zweiten Durchgang erstmalig eingesetzt wurde, wendeten die Probanden in der dritten Durchlaufsequenz eine ihnen bis auf das Aroma bereits bekannte Form an. Im weiteren Verlauf dieser Studie wird der möglicherweise entstandene Lernprozess durch die vorgegebene Versuchsanordnung der Einfachheit halber als „Lerneffekt" bezeichnet.

Um einen möglichen derartigen „Lerneffekt“ zu differenzieren, wäre abzuklären, welcher prozentuale Reinigungserfolg bei einer mehrfachen Anwendung einer Probe möglich wäre. Hierzu müsste jedoch in der Versuchsanordnung sichergestellt werden, dass ein möglicherweise vorhandener „Lerneffekt“ in einer anschließenden Auswertung statistisch eindeutig isolierbar wäre.

Es ist an Hand der gewonnenen Daten und deren statistischer Auswertung der vorliegenden klinischen Untersuchung nicht differenzierbar, ob das Vorhandensein eines Aromas, eines eventuellen „Lerneffektes“ oder die unterschiedliche Qualität der technischen Ausgestaltung den besseren Reinigungserfolg der Variante UG verursacht haben könnte. Diese Frage ließe sich nur durch eine entsprechende Ausgestaltung einer neuen Versuchsreihe beantworten, bei der die verschiedenen Proben nach dem Zufallsprinzip in dem jeweiligen Durchlauf den Probanden zugeordnet werden.

6.2.4. Experimentelle klinische *cross-over* Studie

Diese Studie wurde als experimentelle klinische *cross-over* Studie durchgeführt. Dabei wurde prospektiv die Plaquekontrolle eines experimentellen Mundhygieneproduktes am Menschen untersucht. Daher war die Genehmigung des Studiendesigns durch eine Ethik-Kommission (Ethik-Kommission-Antragsnummer 117/2007; Universität Witten/Herdecke) unerlässlich. Alle teilnehmenden Probanden wurden eingehend aufgeklärt und unterschrieben eine Einwilligungserklärung.

Zur Sicherheit der teilnehmenden Probanden wurde im Vorfeld wissenschaftliche Risikoabschätzung sowie ein fundiertes toxikologisches Gutachten des Materials Polyurethan-Kauschaum durchgeführt. Das experimentelle Mundhygieneprodukt wurde zur Anwendung im Mundbereich bei Personen mit einem Alter ≥ 14 Jahre freigegeben.

Der Verzicht auf Verblindung des einen Untersuchers sowie der Probanden hat zufolge, dass die Vermutung offen bleibt, ob der Untersucher in seiner Objektivität befangen gewesen sein könnte und/oder ob ein eventueller „Lerneffekt“ bei den Probanden die Ergebnisse beeinflusst haben könnten. Es stellt sich daher die Überlegung eine Folgeuntersuchung durchzuführen, in der eine Verblindung sowie eine Randomisierung im Studiendesign eingearbeitet wird.

Des Weiteren wurde in dieser Studie das *Cross-over* Studiendesign mit seinen Vor- und Nachteilen gewählt. Der wesentliche Unterschied zwischen *Cross-over*- und Parallel-Studiendesign liegt darin, dass jeder Proband im *Cross over* Studiendesign als seine eigene Kontrolle dient und somit eine Vergleichbarkeit von Versuchs- und Kontrollgruppe stets gesichert ist. Weiterhin hat das *Cross-over* Studiendesign den Vorteil, dass unter gleich strikten Anforderungen, gegenüber einem Parallel-Studiendesign eine kleinere Probandenanzahl ausreicht. Es bietet zugleich die Möglichkeit, individuelle Unterschiede zu erfassen. Dabei gestaltet sich die Studiendauer im *Cross-over* Studiendesign allerdings nachteilig entsprechend länger (Wellek und Blettner, 2012).

Ebenfalls als Nachteil besteht im *Cross-over* Studiendesign die Möglichkeit von Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Untersuchungsdurchläufen (Wellek und Blettner, 2012).Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurden im Studienablauf Erholungsphasen, sog. „Auswaschphasen“, von 4 Tagen Dauer eingehalten, in denen alle Probanden ihre Mundhygienegewohnheiten wieder aufnehmen konnten.
Mit dem Ziel zu Beginn vergleichbare Mundhygieneverhältnisse zu erreichen, wurde pro Proband eine vorausgehende professionelle Zahnreinigung durchgeführt, wie bereits von anderen Autoren empfohlen (Böshagen et al., 2005; Denda, 2011).

Es ist bei der wissenschaftlichen Auswertung der Untersuchungsergebnisse beim *Cross-over* Studiendesign von Wichtigkeit, den Datensatz als in Form verbundener Stichproben zu bewerten. Erfolgt dabei keine Auftrennung nach Sequenzgruppen, sind die Ergebnisse verfälscht und von geringer wissenschaftlicher Aussagekraft (Wellek und Blettner, 2012).

Diese Studie wurde als experimentelle klinische Studie so geplant, dass sie nur in der Lage ist, eine Grundtendenz des experimentellen Mundhygieneproduktes zu analysieren, hinsichtlich dessen Effektivität in der Plaquekontrolle unter Supervision. Zur Findung einer systematischen wissenschaftlichen Aussage bezüglich der Effektivität des Endproduktes (als weiterentwickeltes experimentelles Mundhygieneprodukt) in dessen letztendlichem Anwendungsfeld, ist eine anschließende klinische Feldstudie zum Zweck einer detaillierten Analyse zu empfehlen.

Die Entscheidung für eine experimentelle klinische *cross-over* Studie in diesem vorliegenden Stadium des Produktentwicklungsprozesses (Prototypen) beruht auf der zu überprüfenden Hypothese, dass mit dem experimentellen Mundhygieneprodukt eine signifikante Plaquereduzierung zu erreichen wäre.

6.2.5. Studiendauer

Nach den Richtlinien der *American Dental Association* (1998) wird für Mundhygiene-Studien eine Mindeststudiendauer von 30 Tagen empfohlen. Obwohl die vorliegende

Studie eine Laufzeit von 49 Tagen hatte, verhielt sich der Beobachtungszeitraum der einzelnen Untersuchungsabschnitte in Anlehnung an die Untersuchungsvorlagen von *Claydon* und *Addy* (1996) zeitlich relativ kurz. Bei der Dokumentation von Plaquereduktionen gälten kurze Testphasen allerdings als ausreichend, um Veränderungen zu erfassen (Cronin et al. 2001).

6.3. Vergleichbarkeit der Studienergebnisse.

6.3.1. Probandendifferenzen

Ziel dieser vorgegebenen Kriterien, die streng von den Eigenschaften der Probanden erfüllt werden mussten, war es, möglichst gleiche Voraussetzungen zwischen den Probanden zu erreichen. Somit war es möglich, anhand der geschaffenen Voraussetzungen Fehlerquellen zu minimieren zugunsten einer möglichst optimalen Betrachtung der Reinigungsleistung des zu untersuchenden experimentellen Mundhygieneproduktes. Deshalb nahmen alle Probanden an allen drei Durchlaufsequenzen teil, um somit die interindividuellen Unterschiede beim Vergleich der Plaquekontrolle - der unterschiedlichen Varianten des experimentellen Mundhygieneproduktes - auszuschließen zu können.

Der Erkenntnis der *DMS III* (Micheelis und Reich, 1999) und *Ziebolz et al.* (2008), dass Frauen in der Regel bessere Mundhygiene betreiben als Männer, wurde durch ausgeglichenes Verhältnis der Geschlechterverteilung (8 Frauen und 8 Männer) in dieser Studie Rechnung getragen.

Trotz möglicher individueller Differenzen wurde durch streng eingehaltenes Probandenprofil bei der Probandensondierung Voraussetzungen geschaffen, um die Ergebnisse dieser klinischen Untersuchung als neutral betrachten und vergleichbaren Studien gegenüberstellen zu können.

6.3.2. Auswahl der Zähne

Die Wahl und Verteilung der zu untersuchenden Zähne in dieser Studie lässt, mit minimaler Abweichung, eine Anlehnung an die von *Ramfjord* im Jahre 1959 als repräsentative Zähne für das gesamte Gebiss vermuten. Dabei steht der gemeinsame Grundgedanke *pars pro toto* im Vordergrund, angeknüpft an die Möglichkeit, den

Zeitaufwand am Probanden sowie die Datenmenge sinnvoll reduzieren zu können ohne die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse negativ zu beeinflussen.

Jedoch stellt sich die Frage, ob die Erkenntnis über die ausgewählten Zähne - die allen Beteiligten der klinischen Untersuchung bekannt waren - den jeweiligen Probanden in seiner Bemühung bei der Führung des experimentellen Mundhygieneproduktes beeinflussen konnte.

Um dieser Unterstellung Rechnung zu tragen, ist eine Erhebung der Daten ohne offene Kenntnis der Probanden über die in der Studie zu untersuchenden Zähne anzuraten.

6.3.3. Plaqueakkumulation nach *"3-day-plaque regrowth"*

Der Aufbau dieser Untersuchung basiert unter anderem auf der 72-stündigen Mundhygienekarenzzeit, entnommen der *„3-day-plaque regrowth rate"* der Untersuchungen von *Claydon* und *Addy* (1996). Zudem dauert es 24 bis 36 Stunden, bis sich eine reife Plaque etabliert hat (Lang et al. 1973), die klinisch zur Beurteilung deutlich sichtbar ist sowie zur Dokumentation von Plaquereduktion ausreicht.

Diese Methode erlaubt eine gute Vergleichbarkeit mit ähnlich aufgebauten Studien und ist ethisch vertretbar, da die mögliche plaqueinduzierte Gingivitis in diesem Zeitrahmen nach anschließender Plaqueentfernung noch reversibel wäre (Löe et al. 1965).

Eine stets vorrausgehende professionelle Zahnreinigung vor Beginn der Mundhygienekarenzzeit diente der Sicherstellung gleicher Ausgangsbedingungen und Reproduzierbarkeit der Umstände.

Das Unterlassen der Mundhygiene für 72 Stunden hat nach klinischen Studien keine gesundheitlichen Folgen, sofern die übliche Mundhygiene im Anschluss wieder aufgenommen wird (Claydon und Addy, 1996; Claydon et al., 2002).

6.3.4. Planimetrischer Index

Die Erfassung von Zahnplaque durch reproduzierbare Messwerte kann wertvolle Informationen über die individuelle Mundgesundheit und Beurteilung neuer Therapien oder Produkte liefern. Die Wahl eines Plaque-Indexes, um Zahnplaque in einer Studie zu erfassen, sollte das Ziel der Untersuchung, die Größe der Population, den geschätzten Zeitaufwand zur Durchführung der Studie, den Typ und die Größenordnung der zu erwartenden Veränderungen berücksichtigen (Fischman, 1986).

Die meisten Plaque-Indizes erfassen Plaquebefall indem eine Ja-/Nein-Entscheidung festgelegt wird und vermessen die Quantität der Plaque über eine Skala. Die Verwendung von planimetrischen Plaque-Indizes erleichtert den Vergleich von Studien, reduziert die Anzahl der Probanden und die benötigte Zeit zur Datenerhebung und -auswertung. *Quirynen et al.* (1991) verglichen fünf verschiedene Plaque-Indizes und bestätigten, dass planimetrische Indizes die größten Messempfindlichkeit aufweisen. Daher wurde in dieser experimentellen klinischen *cross-over* Studie ein planimetrischer Plaque-Index gewählt.

Um Plaquebefall relevant zu beurteilen, ist meist erforderlich, die Plaque im Vorfeld mittels Plaquerevelatoren sichtbar anzufärben. Eine fortschrittliche Methode ist die Plaquequantifizierung mittels Fluoreszenzmessung, die eine klare Trennung der Plaque bedeckten von plaquefreier Zahnoberflächen ermöglichen (Sagel et al. 2000; Pretty et al., 2005).

Variationen der planimetrischen Plaque-Indizes

Patient Hygiene Performance Index nach Podshadley und Haley (1968)

Dieser Patient Hygiene Performance Index (PHP-Index) bedient sich der planimetrischen Plaquequantifizierung. Die Untersuchungen werden an den von *Podshadley* und *Haley* (Podshadley und Haley, 1968) empfohlenen Zähnen durchgeführt: oberer rechter erster Molar, oberer rechter mittlerer Schneidezahn, oberer linker erster Molar, unterer linker erster Molar links, unterer linker mittlerer Schneidezahn sowie unterer rechter erster Molar. Wenn einer der ausgewählten Zähne fehlt, wird der nächstbenachbarte Zahn der gleichen

Zahngruppe in dem entsprechenden Quadranten registriert. Bei vollständigem Fehlen aller Molaren/Schneidezähne in einem Quadranten, reduziert sich die Anzahl der untersuchten Zähne. Es werden an den oberen Molaren und den Schneidezähnen nur die vestibulären Zahnflächen registriert, während an den unteren Molaren nur die lingualen Zahnfläche erfasst werden.

Jede Zahnfläche wird in 5 Zonen eingeteilt (Abbildung 48). Pro Zone wird eine Ja-/Nein-Entscheidung getroffen und bewertet (Wert 0 = „keine Plaque“, Wert 1 = „Plaqueabdeckung“). Die Werte der 5 Zonen aller untersuchten Zähne werden zur „Summe der Plaquewerte“ addiert.

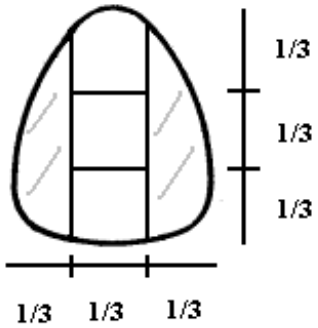


Abbildung 48: Patient Hygiene Performance Index (PHP-Index) nach *Podshadley* und *Haley* (1968).

Der Patient Hygiene Performance Wert (PHP-Wert) einer Person wird bestimmt in dem die “Summe der Plaquewerte” durch die Anzahl der untersuchten Zähne des Individuums dividiert wird.

Distal-Mesial-Plaque-Index (DMPI) nach *Cancro* und *Fischman* (Fischman, 1986)

Hierbei handelt es sich um eine Variation des Navy-Plaque-Index bei welchem die schwer zugänglichen zervikalen und approximalen Zahnflächen stark im Vordergrund stehen.

Dabei wird eine vestibuläre oder linguale Zahnfläche unter Ausschluss des inzisalen Bereiches in 4 zervikale sowie 4 approximale Bereiche aufgeteilt, die in sich nochmals in 3 Bereiche unterteilt sind, sowie einen zentralen „R“-Bereich

(Abbildung 49). Jedes entstandene Zahnfeld wird nach seiner Plaquebesiedlung vierstufig bewertet (0 = „keine Plaque“, 1 = „1/3 Plaqueabdeckung“, 2 = „2/3 Plaqueabdeckung“, 3 = „vollständige Plaqueabdeckung“). Nur die Glattfläche „R“ wird gesondert nach einer Ja-/Nein-Entscheidung bewertet entsprechend (Werten 0 = „keine Plaque“, Wert 1 = „Plaqueabdeckung“).

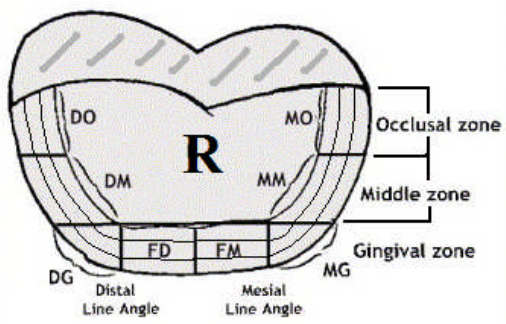


Abbildung 49: Distal-Mesial-Plaque-Index nach *Cancro* und *Fischman* (Fischman, 1986).

Modifizierter Navy-Plaque-Index nach *Claydon* und *Addy* (1995)

Der modifizierter Navy-Plaque-Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) ist eine Modifikation des Navy-Plaque-Indexes von *Elliot et al.* (1972) und dessen Modifikation nach *Rustogi* (1992). Dabei wird eine Zahnfläche in 9 Zonen (A bis I) unterteilt. Die Bewertung des Plaquebefalls unterliegt einer Ja-/Nein-Entscheidung (Wert 0 = „keine Plaque“, Wert 1 = „Plaqueabdeckung“). Anhand dieses Indexes werden die schwer zugänglichen zervikalen- sowie approximalen Bereiche im Verhältnis zum inzisalen- und mittleren Bereich stärker betont.

Der modifizierte Navy-Plaque-Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) stellt einen Goldstandard in der klinischen Forschung dar. Es lässt jedoch die Ausdehnung der Plaque in der dritten Dimension (Schichtdicke der Plaque) unberücksichtigt. Bei der Bewertung der Zahnfelder konnte mitunter beobachtet werden, dass ursprünglich positiv angefärbte Zahnfelder nach dem Putzen in ihrem Ausmaß reduziert waren, jedoch weiter mit dem Wert 1 bewertet werden mussten. Eine mögliche Flächen- und/oder Dickenreduktion der Plaquebesiedlung innerhalb eines Zahnfeldes konnte somit nicht erfasst werden.

Die Aufgabe der Feineinstellung bei dem modifizierten Navy-Plaque-Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) wurde in der Studie von *Bretz* (2010) angegangen. In der Studie von *Bretz* wurden zwei planimetrische Navy-Plaque-Index-Modifikationen verglichen, basierend auf den erhobenen Daten der vorliegenden experimentellen klinische *cross over* Studie von 2008. Dabei wurde die Bewertung des modifizierten Navy-Plaque-Indexes nach *Claydon* und *Addy* (1995) erweitert. Diese neue Modifikation des Navy-Plaque-Indexes nach *Lang et al.* (2011) beurteilt das Vorhandensein von Plaque nicht in einer Ja-/Nein-Entscheidung. Mit diesem dreigliedrigen Index (Wert 0 = „keine Plaque“, Wert 1 = „≤50% Plaqueabdeckung“, Wert 2 = „>50% Plaqueabdeckung“) konnte auch Plaquereduktion von nicht vollständig gereinigten Zahnfeldern erfasset werden. Im Vergleich zu dem ursprünglichen Navy-Paque-Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) erlaubt die Modifikation des Indexes nach *Lang et al.* (2011) eine genauere Aussage über die Reinigungseffizienz eines Mundhygieneproduktes an bestimmten Bereichen eines Zahnes.

Durch die Feineinstufung der Bewertung des modifizierten Navy-Plaque-Indexes nach *Lang et al.* (2011) konnte im Gegensatz zu der planimetrischen Datenerhebung dieser Studie (2008) eine deutliche statistisch signifikante Überlegenheit der U-Form gegenüber der kubischen Form des experimentellen Mundhygieneproduktes in der Studie von *Bretz* (2010) bewiesen werden.

Des Weiteren wurden die Stärken des experimentellen Mundhygieneproduktes hinsichtlich der Plaqueentfernung an den vestibulären gegenüber den lingualen Zahnflächen sowie die stärkere Plaqueentfernung an den anterioren Schneidezähnen im Gegensatz zu den posterioren Seitenzähnen erneut bestätigt.

Generell liefern planimetrische Plaque-Indizes reproduzierbare Messgenauigkeit. Diese Art der Datenerhebung ist allerdings mit erhöhtem technischem Aufwand verbunden und somit in der Durchführbarkeit entsprechend eingeschränkt.

Die höhere Messempfindlichkeit der planimetrischen Indizes im Vergleich zu anderen Plaque-Indizes (Quirynen et al., 1991) erkennen bereits kleine Veränderungen, die jedoch nicht immer mit einer entsprechenden klinischen Relevanz einhergeht.

Bei der Beurteilung des Potentials eines Mundhygieneproduktes, ist es nicht nur von Wichtigkeit eine mögliche Plaquereduktion zu beweisen, sondern
auch den Nachweis einer Verringerung klinisch relevanter Parameter (beispielsweise Gingivitis-Index) zu erbringen. Eine Kombination von einander ergänzenden Indizes könnte mehr Aufschluss über die klinische Relevanz der Wirkung eines Mundhygieneproduktes geben. Dabei sollte nicht vernachlässigt werden, dass die Zusammensetzung der Plaque selbst - in ihrer klinischen Bedeutung - noch unberücksichtigt bleibt (Pretty et al., 2005).

7. Ausblick

In der vierten Deutschen Mundgesundheitsstudie (Micheelis und Schiffner, 2006) gaben 73,4% der Jugendlichen und 72,8% der Erwachsenen an, zweimal täglich die Zähne zu putzen. *Lang et al.* (1973) erforschten die Beziehung zwischen der Zahnputzfrequenz und deren positivem Einfluss auf die erhobenen Gingiva-Parameter. Eine eindeutige Relation sowohl zwischen Plaquekontrolle und Karies als auch Parodontalerkrankungen ist weiterhin nicht klar bewiesen (Addy, 1986; Albandar, 1995). Das individuelle Risiko, dass sich plaqueinduzierte Mundhöhlenerkrankungen manifestieren, hängt von komplexen multikausalen Geschehnissen ab. Diese Faktoren sind noch nicht restlos aufgeklärt und Gegenstand der modernen Forschung. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen in der Prävention solcher Erkrankungen, ist eine generelle optimale Plaquekontrolle - als bisher bekannter bestuntersuchter beeinflussbarer Parameter - weiterhin sehr empfehlenswert.

Es wurde bereits durch den *Vipeholm* Versuch (Gustafsson et al., 1954) aufgezeigt, dass jede Mahlzeit, vor allem Zwischenmahlzeiten, die Plaquebildung begünstigt. Jedoch ist das Zähneputzen nach einer Mahlzeit oder Zwischenmahlzeit oftmals unterwegs nicht möglich. Um ebenfalls Mundhygiene optimal auch unterwegs zu unterstützen, wurden unterschiedliche Mundhygieneprodukte zur mobilen Plaquereduzierung als ergänzende Mundhygienemaßnahme für „zwischendurch“ entwickelt.

Die Angaben unterschiedlicher Studien bezüglich ergänzender Mundhygienehilfsmittel mit mobilem Charakter zeigten Gemeinsamkeiten in ihrem Reinigungspotential der Kariesprädilektionsstellen. Der Einweg-Zahnputztuch Brush-Ups® Oral-B® zeigte seine Reinigungseffizienz überwiegend an der vestibulären sowie lingualen Zahnoberfläche (Goyal et al. 2005).

In dieser Studie ergab sich bei der Anwendung des experimentellen Mundhygieneproduktes eine erhöhte Reinigungseffizienz an den Glattflächen der Zahnoberfläche, vor allem vestibulär. Der Zahnfleischsaum und die Krümmungen zu den Zahnzwischenräumen wurden jedoch nicht nennenswert erreicht. Die Anwendung einer Fingerzahnbürste I-Brush® aus Mikrofaser erreichte die Krümmung zum Zahnzwischenraum ebenfalls mit ihrem geringsten Reinigungseffekt (Graveland et al., 2004).

Der Vergleich zum klassischen Zähneputzen, wodurch 71-86% der Plaqueablagerungen auf lingualen und vestibulären Zahnoberflächen sowie 60-74% an zugänglichem Zahnzwischenraum entfernt werden können (Schmid et al., 1976), definiert den Anwendungsbereich der ergänzenden Mundhygieneprodukte deutlich (angewandter Plaque-Index: Cervical Plaque Index (CPI) nach Schmid und Curilovič).

Eine umfangreiche vergleichende Untersuchung der Reinigungseffizienz durch das Kauen eines speziellen Kaugummis, zeigte zwar deutliche Vorteile; jedoch nur im Sinne einer ergänzenden Mundhygienemaßnahme betrachtet. Eine restriktive Anwendung von Kaugummi, kann jedoch nicht als alleinige Zahnreinigungsmaßname das Zähneputzen vergleichbar ersetzen (Barnes et al., 2005).

Auch das kaubare Einweg-Gummirad Rolly Brush®, konnte bei einer Anwendung von 10 Minuten - im Vergleich - nicht an das Reinigungsergebnis einer zweiminütigen Zahnreinigung mittels einer konventionellen Handzahnbürste heranreichen (Spivakovsky et al., 2006).

Einen deutlichen Vorteil der unterschiedlichen Reinigungsprodukte für „zwischendurch“ zeigen Produktexemplare, deren Anwendung durch das Kauen des Produktes vorgesehen ist. Durch erhöhte Mastikation werden die natürlichen Selbstreinigungskräfte des Mundraumes gefördert und der Speichelfluss angeregt.

Der pH-Wert des Speichels und dessen Pufferkapazität wird von der Speichelflussrate gesteuert, was wiederum auf den pH-Wert der Plaque Einfluss nimmt (Englander, 1959; Edgar, 1976; Stookey, 2008). Daher könnte eine funktionale Zunahme der Speichelflussrate durch erhöhte Mastikation von besonderem klinischem Nutzen in der Plaquekontrolle sowie in der damit verbundenen Prävention von Karies und Parodontalerkrankungen sein (Dodds et al., 1991). Zudem sichert kontinuierlicher gesunder Speichelfluss die Immunpräsens wie auch deren Schutzfunktion in der Mundhöhle (Tenuovo, 2002).

Das Kauen einer Masse, die gustatorisch stimuliert, fördert zusätzlich den Speichelfluss während des Kauvorgangs (Dawes und Macpherson, 1992). Daher lässt sich vermuten, dass das experimentelle Mundhygieneprodukt in der Variante UG durch den Aromazusatz seine besten Ergebnisse erreicht.

Die nicht immer optimale Wirksamkeit der unterschiedlichen Mundhygieneprodukte für „zwischendurch“, begrenzt zwar deren Anwendung als ergänzende Mundhygienemaßnahme, bewahrt jedoch den Vorteil der mobilen Anwendung gegenüber dem klassischen Zähneputzen unterwegs. Das Bestreben nach einem mobilen Mundhygieneprodukt mit einfacher Anwendung für „zwischendurch“, das im Reinigungsergebnis vergleichbar mit der klassischen Zahnbürste wäre, beflügelt die Innovation neuartiger Mundhygieneprodukte.

8. Zusammenfassung

In der vorliegenden experimentellen klinischen *cross-over* Studie wurde die Plaquereduktion mittels eines Mundhygieneproduktes aus Polyurethanschaum untersucht. Als Untersuchungsmaterial wurden 3 unterschiedliche Varianten aus aliphatischem Polyurethanschaum mit Farb- und Geschmackstoffen verwendet:

- Kauschaum-Blöcke mit quadratischem Querschnitt (Variante Q) – Kontrollgruppe,
- U-förmige Kauschaum-Blöcke (Variante U),
- U-förmige Kauschaum-Blöcke mit einem Gel als Aroma (Variante UG).

Es nahmen 16 Probanden teil, wobei es sich uniform um vorklinische Zahnmedizin-Studenten der Fakultät für Gesundheit der Universität Witten/Herdecke mit einem Durchschnittsalter von 22,19 Jahren, sehr guter Mundhygiene und entsprechender Vorkenntnis in der Ausführung einer professionellen Zahnreinigung handelte.

Es wurden in 3 Durchläufsequenzen alle Varianten klinisch getestet, jeweils nach einer Karenz jeglicher Mundhygienemaßnahmen für 72 Stunden; basierend auf der Untersuchung mit „*3-day-plaqueregrowth rate*“ nach *Claydon* und *Addy* (1996). Die erhobenen Daten wurden anhand des planimetrischen Indexes nach *Claydon* und *Addy* (1995) ausgewertet und statistisch analysiert.

Die Ergebnisse zeigten, dass das experimentelle Mundhygieneprodukt - angesichts der Stärken und Schwächen seiner gewählten U-Form - anhand des Reinigungserfolges der Variante UG am besten zu beurteilen war. Obwohl die kubische Variante Q an 2 Zähnen (16 und 25) und die Varianten in U-Form sogar an 3 Zähnen (16, 25 und 45) signifikante Reinigungserfolge lingual zeigten, erwiesen sich die Reinigungserfolge im lingualen

Zahnflächen als unbefriedigend. Es wurde durch die Anwendung der Probe Q sowie -U nur in einem Drittel der Zähne im lingualen Zahnflächen und nur an einem der sechs Zähne im vestibulären Zahnflächen eine signifikante Reinigungswirkung (5-15%) festgestellt. Im Gegensatz dazu erreichte die Variante UG an den vestibulären Zahnflächen an vier von sechs Zähnen signifikant höhere Reinigungswirkung (10-22%), während die lingualen Ergebnissen vergleichbar mit den anderen Varianten waren.

Die höchsten Reinigungserfolge durch die Variante UG waren anhand der einzelnen Zahnfelder im vestibulären Bereich an den Zahnfeldern E, G, H und I ermittelt und erreicht worden (12-52%). Der Zahnfleischsaum (Zahnfelder A, B und C) sowie die mittleren Bereiche der Zahnflächen, die zum Teil in der Krümmung zum Zahnzwischenraum liegen (Zahnfelder D und F), wurden jedoch in nicht nennenswertem Ausmaß erreicht. Der Reinigungserfolg lag im Wesentlichen höher an den anterioren Schneidezähnen als an den posterioren Zähnen.

Mögliche Gründe für die Vorteilhaftigkeit der Variante UG im Vergleich zur Variante U, sind auf die folgenden Faktoren zurückzuführen:

- die positiven Effekte des Aromas (z.B. aufgrund höherer Kauaktivität und erhöhter Speichelproduktion),
- den Lerneffekt der Probanden aufgrund der Tatsache, dass sie zuerst Variante U anwendeten vor Variante UG und/oder
- die bessere technische Ausführung der Prototypen der Variante UG.

Die Überlegungen hinsichtlich der optimalen Form des Polyurethan-Kauschaums sollten sich besonders um diese Schwachstellen drehen. Darüber hinaus ist anzuraten, weitere Untersuchungen hinsichtlich der Reinigungswirkung des aliphatischen Polyurethanschaums möglichst dahin gehend zu verbessern, dass einander klare und

streng definierte Produkte gegenübergestellt werden. Da die festgestellten hohen Schwankungsbreiten der zur Verfügung gestellten Prototypen bezüglich ihrer Formgebung, die Abgrenzung der einzelnen Varianten erschwerte. Dies verschlechterte somit auch eine genaue Analyse zum Zweck einer Optimierung der zu wählenden Produktform.

Ferner muss angemerkt werden, dass der verwendete planimetrische Index nach *Claydon* und *Addy* (1995), eine Plaquereduktion von nicht vollständig gereinigten Zahnfeldern nicht erfasst. Eine Modifikation des Indexes könnte eine genauere Aussage über die Reinigungseffizienz eines Mundhygieneproduktes an bestimmten Bereichen eines Zahnes verdeutlichen. Anhand der Daten dieser Studie verglich *Bretz* 2010 den Navy-Paque-Index nach *Claydon* und *Addy* (1995) mit einer Modifikation dieser nach *Lang et al.* (2011) und bestätigte den Vorteil der Modifikation.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass das experimentelle Mundhygieneprodukt eine suffiziente Alternative zu den ergänzenden Mundhygienemaßnahmen für „zwischendurch“ darstellt. Seine Wirkungsweise sollte weiter untersucht und gegebenenfalls weiter entwickelt werden, bestenfalls unter Einbeziehung der aufgetretenen Ergebnissen und Fragestellungen.

9. Summary

The present experimental clinical cross-over trial has been subjected to analyze the cleaning efficiency of an oral hygiene product made of polyurethane foam. The test material was provided in 3 different variations made of aliphatic polyurethane foam with color and flavor additives:

- cuboid chewing foam (variant Q) - control group,
- U-shaped chewing foam (variant U),
- U-shaped chewing foam with gel film as a flavor carrier (variant UG).

16 subjects participated; all were uniformly pre-clinical students of the Dental School of the University of Witten/Herdecke, with an average age of 22.19 years, capable of very good oral hygiene and prior knowledge in the proper performance of professional dental cleaning.

There were 3 continuous sequences implemented wherein all variants were clinically tested, respectively after oral hygiene restriction period of 72 hours, based on the "3-day-plaque regrowth rate" observation by *Claydon* and *Addy* (1996). The collected data were evaluated and statistically analyzed based on the planimetric index of *Claydon* and *Addy* (1995).

The results showed that the experimental oral hygiene product - given the strengths and weaknesses of its elected U-shape - was best determined in the cleaning efficacy of the variant UG. Although the cuboid variant Q showed on 2 teeth (16 and 25) and the variations with U-shape even on 3 teeth (16, 25 and 45) significant cleaning efficacy on the lingual dental sites, the cleaning efficacies there were very low. The application of the sample Q or U showed a significant cleaning effect in only one third of the teeth in the

lingual sites and only one of the six teeth in the vestibular sites (5-15%). In contrast, the variant UG reached in four of six teeth significantly higher cleaning efficacy (10-22%), while the lingual results were comparable with the other variants.

The differentiation of variant UG for single tooth areas showed on vestibular surfaces, for following dental fields E, G, H and I, a considerable and significant cleaning effect (12-52%). The gingival margin (dental fields A, B and C) and the central regions of the tooth surfaces, which are partially in the curvature of the interdental space (dental fields D and F), however, were not achieved in any significant extend. The cleaning effect was substantially higher on the anterior incisors than in the posterior teeth.

Possible reasons for the advantageousness of the variant UG in comparison to variant U are attributed to the following factors:

- the positive effects of flavouring (due to, e.g. higher chewing activity and increased saliva production),
- the learning effect adopted by the test persons due to the fact that they first applied variant U and then variant UG and/or
- the better technical design of the variant UG.

The considerations regarding the optimal form of the polyurethane chewing foam should pay particular attention to its problems. It is suggested to consider in further analysis due to cleaning efficacy of the aliphatic polyurethane foam to use clear and more strictly defined products for comparison. Since a significant range of product variation of the prototypes causes difficulty in distinction with respect of analysis for the purpose of optimizing the shape to select.

Further it must also be noted that the planimetric index of *Claydon* and *Addy* (1995), does not take plaque reduction on not completely plaque free tooth areas into count. A modification of the index could illustrate a more precise statement about the cleaning efficiency of an oral hygiene product to specific areas of a tooth. Based on the data from this study, *Bretz* compared 2010 the planimetric index of *Claydon* and *Addy* (1995) with a modification of this method by *Lang et al.* (2011) and confirmed the advantage of the modification.

The overall conclusion is that the experimental oral hygiene product presents a sufficient alternative as a supplemental oral hygiene for "in-between". Its effect should be further investigated and improved as necessary, taking into account the best results and issues encountered.

10. Literaturverzeichnis

1. Addy, M. (1986): Plaque control as a scientific basis for the prevention of dental caries. *J R Soc Med* **79**, 6-10.

2. Albandar, J.M., Buischi, Y.A., Oliveira, L.B., Axelsson, P. (1995): Lack of effect of oral hygiene training on periodontal disease progression over 3 years in adolescents. *J Periodontol* **66**, 255-260.

3. Al-Hakim, M.S. (2003): *Klinisch-kontrollierte Studie zur Nachprüfung der Mundhygieneeffektivität der natürlichen Zahnbürste (Siwak) aus der Arak Pflanze (Salvadora persica).* Zahn. Med. Diss., Witten/Herdecke.

4. Al-Obaida, M.I., Al-Essa, M.A., Asiri, A.A., Al-Rahla, A.A. (2010): Effectiveness of a 20% Miswak extract against a mixture of Candida albicans and Enterococcus faecalis. *Saudi Med J* **31**, 640–643.

5. Al-Otaibi, M., Al-Harthy, M., Gustavsson, A., Jansson, A., Claesson, R., Angmar-Mansson, B. (2004): Subgingival plaque microbiota in Saudi Arabians after use of miswak chewing stick and toothbrush. *J Clin Periodontol* **31**, 1048-1053.

6. American Dental Association: Acceptance Program Guidelines: Toothbrushes. Council on Scientific Affairs (1998)

7. Armitage, G.C. (1999): Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Ann Periodontol* **4**, 1-6.

8. Armitage, G.C., Cullinan, M.P. (2010): Comparison of the clinical features of chronic and aggressive periodontitis. *Periodontol 2000* **53**, 12-27.

9. Axelsson, P. (2006): The effect of a needs-related caries preventive program in children and young adults - results after 20 years. *BMC Oral Health* **6**, 7.

10. Axelsson, P., Lindhe, J., Nyström, B. (1991): On the prevention of caries and periodontal disease. Results of a 15-year longitudinal study in adults. *J Clin Periodontol* **18**, 182-189.

11. Axelsson, P., Nyström, B., Lindhe, J. (2004): The long-term effect of a plaque control program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Results after 30 years of maintenance. *J Clin Periodontol* **31**, 749-57.

12. Axelsson, P., Paulander, J., Lindhe, J. (1998): Relationship between smoking and dental status in 35-, 50-, 65-, and 75-year-old individuals. *J Clin Periodontol* **25**, 297-305

13. BBC News, 20.08.2007: Student dig unearths ancient gum. *http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/2/hi/uk_news/6954562.stm*

14. Bardow, A., ten Cate, J.M., Nauntofte, B., Nyvad, B. (2003): Effect of unstimulated saliva flow rate on experimental root caries. *Caries Res* **37**, 232-236.

15. Barnes, C.M., Covey, D.A., Shi, X., Yankell, S.L. (2009): Laboratory evaluations of a bi-level, extremely tapered bristled toothbrush and a conventional uniform bristled toothbrush. *Am J Dent* **22**, 84-88.

16. Barnes, V.M., Santarpia, P., Richter, R., Curtis, J., Xu, T. (2005): Clinical evaluation of the anti-plaque effect of a commercial chewing gum. *J Clin Dent* **16**, 1-5.

17. Bass, C.C. (1948): The necessary personal oral hygiene for prevention of caries and periodontoclasia. *New Orleans Med Surg J* **101**, 52-70.

18. Bellini, H.T., Fehr, F.R. von der, Arneberg, P. (1981): Oral hygiene and caries. A review. *Acta Odontol Scand* **39**, 257-265.

19. Berezow, A.B., Darveau, R.P. (2011): Microbial shift and periodontitis. *Periodontol 2000* **55**, 36–47.

20. Böshagen, Ch., Eifler, H., Gängler, P. (2005): Klinische Bewertung der Mundhygieneeffektivität einer Zahnputztablette. *Zahn Prax* **8**, 420 – 424.

21. Bortz, J. (2005): *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 6. Auflage, Springer Verlag, Berlin.

22. Bradshaw, D.J., Marsh, P.D., Hodgson, .R.J, Visser, J.M. (2002): Effects of glucose and fluoride on competition and metabolism within in vitro dental bacterial communities and biofilms. *Caries Res* **36**, 81-86.

23. Bretz, M.J. (2010): *Vergleichende Plaque-Planimetrie am Beispiel der Reinigungswirkung eines Kauschaums*. Zahn. Med. Diss., Witten/Herdecke.

24. Büchi, W.A. (2006): *Karl August Lingner – Das grosse Leben des Odolkönigs*. Edition Sächsische Zeitung, Dresden.

25. Clarke, N. G., Hirsch, R. S. (1995): Personal risk factors for generalized periodontitis. *J Clin Periodontol* **22**, 136-145.

26. Claydon, N., Addy, M. (1995): The use of planimetry to record and score the modified Navy index and other area-based plaque indices. *J Clin Periodontol* **22**, 670-673.

27. Claydon, N., Addy, M. (1996): Comparative single-use plaque removal by toothbrushes of different designs. *J Clin Periodontol* **23**, 1112–1116.

28. Claydon, N., Addy, M., Scratcher, C. Ley, F., Newcombe, R. (2002): Comparative professional plaque removal study using 8 branded toothbrushes. *J Clin Periodontol* **29**, 310-316.

29. Cleveland Historical, 01.06.2013: New Amsterdam Hotel http://clevelandhistorical.org/items/show/239#.UalJDdj4Lwo

30. Cochrane, N.J., Shen, P., Byrne, S.J., Walker, G.D., Adams, G.G., Yuan, Y., Reynolds, C., Hoffmann, B., Dashper, S.G., Reynolds, E.C. (2012): Remineralisation by sugar-free chewing gums in a randomised, controlled in situ

trial including dietary intake and gauze to promote plaque formation. *Caries Res* **46**, 147-155.

31. Cole, T.C., Müller, E., Becker, H. (1981): Chewing-sticks - Zahnhölzer: volkstümliche Zahnpflege ohne Zahnbürste. *Pharm Unserer Zeit* 1981 Sep **10**, 150-155.

32. Costa, M.R., Silva, V.C. da, Miqui, M.N., Colombo, A.P., Cirelli, J.A. (2010): Effects of ultrasonic, electric, and manual toothbrushes on subgingival plaque composition in orthodontically banded molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **137**, 229-235.

33. Creanor, S.L, Strang, R., Gilmour, W.H., Foye, R.H., Brown, J., Geddes, D.A., Hall, A.F. (1992): The effect of chewing gum use on in situ enamel lesion remineralization. *J Dent Res* **71**, 1895-1900.

34. Cronin, M.J., Dembling, W., Conforti, N.J., Liebman, J., Cugini. M, Warren, P.R. (2001): A single-use and 3-month clinical investigation of the comparative efficacy of a battery-operated power toothbrush and a manual toothbrush. Am J Dent 14, 19B-24B.

35. Da Costa, A.J.S., Möhring, B. (1924): *Patentschrift Nr. 430787*. Reichspatentamt des Deutschen Reiches.

36. Dahlén, G., Lindhe, J., Sato, K., Hanamura, H., Okamoto, H. (1992): The effect of supragingival plaque control on the subgingival microbiota in subjects with periodontal disease. *J Clin Periodontol* **19**, 802-809.

37. Darveau, R.P., Tanner, A., Page, R.C. (2000): The microbial challenge in periodontitis. *Periodontol* **14**, 12-32.

38. Dawes, C. (2003): What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *J Can Dent Assoc* **69**, 722-724.

39. Dawes, C., Kubieniec, K. (2004): The effects of prolonged gum chewing on salivary flow rate and composition. *Arch Oral Biol* **49**, 665-669.

40. Dawes, C., Macpherson, L.M. (1992): Effects of nine different chewing-gums and lozenges on salivary flow rate and pH. *Caries Res* **26**, 176-182.

41. Deacon, S.A., Glenny, A.M., Deery, C., Robinson, P.G., Heanue, M., Walmsley, A.D., Shaw, W.C. (2010): Different powered toothbrushes for plaque control and gingival health (Review). *Cochrane Database Syst Rev* **12**, CD004971.

42. Denda, S.C. (2011): *Plaque- und Gingivitiskontrolle – Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste*. Zahn. Med. Diss., Witten/Herdecke.

43. Deutsches Institut für Normung e.V. (1998): Zahnheilkunde – Zahnbürsten – Teil 1: Begriffe, Maße, Anforderungen. *DIN-Norm 13917-1*. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

44. Dodds, M.W.J., Hsieh, S. C., Johnson, D.A. (1991): The effect of increased mastication by daily gum-chewing on salivary gland output and dental plaque acidogenicity. *J Dent Res* **70**, 1474-1478.

45. Dörfer, C.E. (2010): Prophylaxe – Ätiologische Grundlagen. In Gängler, P., Hoffmann, T., Willershausen, B., Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (Hrsg.): *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

46. Edgar, W.M. (1976): The Role of Saliva in the Control of pH Changes in Human Dental Plaque. *Caries Res* **10**, 241-254.

47. Edgar, W.M., Higham, S.M. (2004): Saliva and the control of plaque pH. In: Edgar, W.M., Dawes, C., O'Mullane, D. (Hrsg.): *Saliva and Oral Heath*. British Dental Association, London.

48. Elliot, J.R., Bowers, G.M., Clemmer, B.A., Rovelstad, G.H. (1972): A comparison of selected oral hygiene devices in dental plaque removal. *J Periodontol* **43**, 217-220.

49. Englander, H.R., Shklair, I.L., Fosdick, L.S. (1959): The effects of saliva on the pH and lactate concentration of plaque. I. Caries-rampant individuals. *J Dent Res* **38**, 848-853.

50. Finkelstein, P., Grossman, E. (1984): The clinical quantitative assessment of the mechanical cleaning efficiency of toothbrushes. *Clin Prev Dent* **6**, 7-12.

51. Fischman, S.L. (1986): Current status of indices of plaque. *J Clin Periodontol* **13**, 371-374.

52. Fejerskov, O. (2004): Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries Res* **38**, 182-191.

53. Fejerskov, O., Kidd, E.A.M. (Hrsg.) (2008): *Dental Caries. The Disease and its Clinical Management*. Blackwell Munksgaard, Oxford, U.K.

54. Fejerskov, O., Manji, F. (1990): Risk assessment in dental caries. In: Bader, J. (Hrsg): *Risk assessment in dentistry*. Chapel Hill, NC: University of North Carolina Dental Ecology.

55. Fejerskov, O., Nyvad, B. (2003): Is dental caries an infectious disease? Diagnostic and treatment consequences for the practitioner. In Schou, L. (Hrsg.): *Nordic Dentistry Yearbook*. Quintessence, Copenhagen.

56. Gängler, P. (1985): Die Pathogenese der Zahnkaries und Periodontalerkrankungen – das Konzept von Progression und Stagnation. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* **73**, 477-483.

57. Gängler, P., Arnold, W.H. (2010): Parodontalerkrankungen - Grundlagen und Diagnostik. In Gängler, P., Hoffmann, T., Willershausen, B., Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (Hrsg.): *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

58. Gängler, P., Arnold, W.H., Steinberg, D. (2010): Karies – Grundlagen und Diagnostik. Ätiologie und Pathogenese. In: Gängler, P., Hoffmann, T., Willershausen, B., Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (Hrsg.): *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

59. Gängler. P., Kremniczky, T., Arnold, W.H. (2009): In vitro effect of fluoride oral hygiene tablets on artificial caries lesion formation and remineralization in human enamel. *BMC Oral Health* **9**, 25.

60. Gottsegen, R, (1990): Diabetes mellitus, cardiovascular diseases, and alcoholism. In: Schluger, S., Yuodelis, R., Page, R.C., Johnson, R.H. (Hrsg.): *Periodontal diseases. Basic phenomena, clinical management, and occlusal and restorative relationships*. Lea & Febiger, Philadelphia.

61. Goyal, C. R., Qaqish, J. G., Sharma, N. C. (2005): Plaque removal efficacy of a novel tooth wipe. *J Clin Dent* **16**, 44-46.

62. Graveland, M.P., Rosema, N.A., Timmerman, M.F., Weijden, G.A. van der (2004): The plaque-removing efficacy of a finger brush (I-Brush). *J Clin Periodontol* **31**, 1084-1087.

63. Gustafsson, B. E., Quensel, C. E., Swenander Lanke, L., Lundqvist, H., Grahnen, H., Bonow, B. E., Krasse, B. (1954): The Vipeholm dental caries study. The effect of different levels of carbohydrate intake on caries activity in 436 individuals observed for five years. *Acta Odont Scand* **11**, 232-364.

64. Hänsel, R., Sticher, O. (Hrsg.) (2010): Ätherische Öle zur Mundpflege und zum Gurgeln. In: Pharmakognosie - Phytopharmazie. 9. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

65. Haffajee, A.D., Smith, C., Torresyap, G., Thompson, M., Guerrero, D., Socransky, S.S. (2001): Efficacy of manual and powered toothbrushes (II). Effect on microbiological parameters. *J Clin Periodontol* **28**, 947–954.

66. Haffajee, A.D., Teles, R.P., Patel, M.R., Song, X., Veiga, N., Socransky, S.S. (2009): Factors affecting supragingival biofilm composition. I. Plaque mass. *J Periodontal Res **44**, 511–519.*

67. Hellwig, E., Klimek, J., Attin, T. (2003): *Einführung in die Zahnerhaltung*. Urban & Fischer Verlag, München-Jena.

68. Herald Journal, 15.08.1993: Archaeologist find 9000-year-old gum. *http://news.google.com/newspapers?nid=1876&dat=19930815&id=mjQfAAAAIBAJ&sjid=Ec8EAAAAIBAJ&pg=5768,4802911*

69. Hoyle, B.D., Costerton, J.W. (1991): Bacterial resistance to antibiotics: the role of biofilms. *Prog Drug Res* **37**, 91-105.

70. Jakubovics, N.S., Kolenbrander, P.E. (2010): The road to ruin: the formation of disease-associated oral biofilms. *Oral Dis* **16**, 729-739.

71. Kashani, H. (1998): Studies of fluoridated toothpicks. *Swed Dent J Suppl* **126**, 1-48.

72. Keyes, P.H. (1962): Recent advances in dental caries research. Bacteriology. Bacteriological findings and biological implications. *Int Dent J* **12**, 443-448.
Zit. n. Zimmer, S. (2000): Ätiologie der Karies. *Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie. Habilitationsschrift.* Humbold Universität zu Berlin, Berlin.

73. König, K.G. (1971): *Karies und Kariesprophylaxe*. Wilhelm Goldmann Verlag, München.
Zit. n. Zimmer, S. (2000): Ätiologie der Karies. *Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie. Habilitationsschrift.* Humbold Universität zu Berlin, Berlin.

74. Kolenbrander, P.E., Andersen, R.N., Blehert, D.S., Egland, P.G., Foster, J.S., Palmer, R.J., Jr (2002): Communication among oral bacteria. *Microbiol Mol Biol Rev* **66**, 486-505.

75. Kolenbrander, P.E., Jakubovics, N. S., Chalmers, N.I., Palmer, R.P. Jr. (2007): Human Oral Multi-species Biofilms: Bacterial Communities in Health and Disease. In: Kjelleberg, S., Givskov, M. (Hrsg.): *The Biofilm Mode of Life: Mechanisms and Adaptations*. Horizon Bioscience, Norfolk, UK.

76. Kolenbrander, P. E., Palmer, R. J. Jr., Rickard, A. H., Jakubovics, N. S., Chalmers, N. I., Diaz, P. I. (2006): Bacterial interactions and successions during plaque development. *Periodontol 2000* **42**, 47–79.

77. Lässig, H.E., Müller, R.A. (Hrsg.)(1983): *Die Zahnheilkunde in Kunst- und Kulturgeschichte*. DuMont Buchverlag, Köln.

78. Lagerlöf, F., Oliveby, A. (1994): Caries-protective factors in saliva. *Adv Dent Res* **8**, 229-238.

79. Lang, N.P., Cumming, B.R., Löe, H. (1973): Toothbrushing frequency as it relates to plaque development and gingival health. *J Periodont* **44**, 396-405.

80. Lang, T., Bretz, M.J., Jennes, B., Gängler, P. (2011): Planimetrical plaque assessment of in-between oral hygiene products. *J Dent Res* **90** (*Spec Iss A*), *Abstr No 713*.

81. Lechner, J. (Hrsg.) (2009): *Gesunde Zähne - gesunder Mensch*. Verlag Zaber Sandmann, München.

82. Leid, J.G., Willson, C.J., Shirtliff, M.E., Hassett, D.J., Parsek, M.R., Jeffers, .AK. (2005): The exopolysaccharide alginate protects Pseudomonas aeruginosa biofilm bacteria from IFN-gamma-mediated macrophage killing. *J Immunol* **175**, 7512-7518.

83. Levine, R. (1977): The aetiology of dental caries – An outline of current thought. *Int Dent J* **27**, 341.

84. Lilienthal B., Goldsworthy NE, Sullivan HR, Cameron DA (1953): The biology of the children of Hopewood house, Bowral, NSW. I. Observations on dental caries extending over five years (1947-1952). *Dent J Aust* **25**, 163-168.

85. Liljemark, W.F., Bloomquist, C.G. (1994): Normal Microbial Flora of the Human Body. In: Nisengard RJ, Newman MG (Hrsg.): *Oral Microbiology and Immunology*. Saunders, Philadelphia.

86. Lindhe, J., Hamp, S.E., Löe, H. (1973): Experimental periodontitis in the Beagle dog. *J Periodont Res* **8**, 1-10.

87. Lindhe, J., Hamp, S.E., Löe, H. (1975): Plaque induced periodontal disease in Beagle dogs. A 4-year clinical, roentgenographical and histological study. *J Periodont Res* **10**, 243-255.

88. Lindhe, J., Nyman, S. (1975): The effect of plaque control and surgical pocket elimination on the establishment and maintenance of periodontal health. A longitudinal study of periodontal therapy in cases of advanced disease. *J Clin Periodontol* **2**, 67-79.

89. Listgarten, M.A. (1987): Nature of periodontal dieseases: pathogenic mechanisms. *J Periodont Res* **22**, 172-178.

90. Listgarten, M.A. (1994): The structure of dental plaque. *Periodontol 2000* **5**, 52-65.

91. Löe, H., Theilade, E., Jensen, S.B. (1965): Experimental Gingivitis in Man. *J Periodont* **36**, 177-187.

92. Loesche, W.J., Grossman, N.S., Earnest, R., Corpron, R. (1984): The effect of chewing xylitol gum on the plaque and saliva levels of Streptococcus mutans. *J Am Dent Assoc* **108**, 587-592.

93. Marsh, P.D. (1994): Microbial ecology of dental plaque and its significance in health and disease. *Adv Dent Res* **8**, 263-271.

94. Marsh, P.D. (2006): Dental plaque as a biofilm and a microbial community - implications for health and disease. *BMC Oral Health* **6**, 14.

95. Marsh, P.D., Bradshaw, D.J. (1995): Dental plaque as a biofilm. *J Ind Microbiol* **15**, 169-175.

96. Marquis, R.E., Clock, S.A., Mota-Meira, M. (2003): Fluoride and organic weak acids as modulators of microbial physiology. *FEMS Microbiol Rev* **26**, 493-510.

97. Mathews, J.P., Schulz, G.P. (2009): *Chicle: The chewing gum of the Americas, from the ancient Maya to William Wrigley*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA.

98. May, A.J. (2013): *Plaque- und Gingivitiskontrolle während der parodontalen Erhaltungstherapie - Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste*. Zahn. Med. Diss., Witten/Herdecke.

99. McCracken, G., Janssen, J., Heasman, L., Stacey, F., Steen, N., Jager, M, de, Heasman, P. (2005): Assessing adherence with toothbrushing instructions using a data logger toothbrush. *Br Dent J* **198**, 29-32.

100. Micheelis, W., Reich, E. (1999): *Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III)*. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln.

101. Micheelis, W., Schiffner, U. (2006): *Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV)*. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln.

102. Mickenautsch, S., Leal, S.C., Yengopal, V., Bezerra, A.C., Cruvinel, V. (2007): Sugar-free chewing gum and dental caries: a systematic review. *J Appl Oral Sci* **15**, 83-88.

103. Mombelli, A., McNabb, H., Lang, N.P. (1991): Black-pigmenting gram-negative bacteria in periodontal disease. I. Topographic distribution in the human dentition. *J Periodontal Res* **26**, 301-307.

104. Moore, W.E., Moore, L.V. (1994): The bacteria of periodontal diseases. *Periodontol 2000* **5**, 66-77.

105. Mörch, T., Bjørvatn, K. (1981): Laboratory study of fluoride impregnated toothpicks. *Scand J Dent Res* **89**, 499–505.

106. Müller, H.P. (2001): *Parodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

107. Naumova, E.A., Arnold, W.H., Gängler, P. (2008): Orale Bioverfügbarkeit von Fluorid zur Kariesprophylaxe - Zahnpasta und Zahnputztablette. *Zahn Prax* **11**, 434 - 436.

108. Niedermeier, W., Huber, M., Fischer, D., Beier, K., Müller, N., Schuler, R., Brinninger, A., Fartasch, M., Diepgen, Th., Matthaeus, C., Meyer, C., Hector, M.P. (2000): Significance of saliva for the denture-wearing population. *Gerodontology* **17**, 104-118.

109. Nyvad, B., Fejerskov, O. (1989): Structure of dental plaque and the plaque-enamel interface in human experimental caries. *Caries Res* **23**, 151-158.

110. Orland, F., Blayney, J., Harrison, R. (1954): The use of the germfree animal technique in the study of experimental dental caries. *J Dent Res* **33**, 147-174. Zit. n. Gängler, P., Arnold, W.H., Steinberg, D. (2010): Ätiologie und Pathogenese. In: Gängler, P., Hoffmann, T., Willershausen, B., Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (Hrsg.): *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

111. Page, R.C., Kornman, K.S. (1997): The pathogenesis of human periodontitis: an introduction. *Periodontol 2000* **14**, 9-11.

112. Palmer, R.J., Jr., Darveau, R., Lamont, R.J., Nyvad, B., Teles, R.P. (2011): Human oral bacterial biofilms: Composition, dynamics and pathogenesis. In Bjarnsholt, T., Østrup Jensen, P., Moser, C., Høiby, N., (Hrsg.): *Biofilm Infections*. Springer, New York..

113. Patel, P.V., Shruthi, S., Kumar, S. (2012): Clinical effect of miswak as an adjunct to tooth brushing on gingivitis. *J Indian Soc Periodontol* **16**, 84–88.

114. Paulander, J., Axelsson, P., Lindhe, J. (2003): Association between level of education and oral health status in 35-, 50-, 65- and 75-year-olds. *J Clin Periodontol* **30**, 697–704.

115. Petersen, P. E. (2003): The World Oral Health Report 2003: Continuous improvement of oral health in the 21st century - the approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community Dent Oral Epidemiol* **31**, 3-24.

116. Petersen, P.E. (2005): Sociobehavioural risk factors in dental caries - international perspectives. *Community Dent Oral Epidemiol* **33**, 274–279.

117. Petersen, R. (2008): *Einfach gesunde Zähne: Solo-Prophylaxe*. Solo-Med GmbH, Trier.

118. Petersson, L.G., Kashani, H., Birkhed, D. (1994): In vitro and in vivo studies of an NaF impregnated toothpick. *Swed Dent J* **18**, 69–73.

119. Podshadley, A.G., Haley, J.V. (1968): A method for evaluating oral hygiene performance. *Public Health Rep* **83**, 259-264.

120. Pretty, I.A., Edgar, W.M., Smith, P.W., Higham, S.M. (2005): Quantification of dental plaque in the research environment. *J Dent* **33**, 193-207.

121. Quigley, G.A., Hein, J.W. (1962): Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing. *J Am Dent Assoc* **65**, 26-29.
Zit. n. Hoffmann, T. (2010): Epidemiologie. In: Gängler, P., Hoffmann, T., Willershausen, B., Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (Hrsg.): *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

122. Quirynen, M., Dekeyser, C., van Steenberghe, D. (1991): Discriminating power of five plaque indices. *J Periodontol* **62**, 100-105.

123. Ramfjord, S. (1959): Indices for prevalence and incidence or periodontal disease. *J Periodontol* **30**, 51-59.

124. Rinne, H. (2003): *Taschenbuch der Statistik*. 3. Auflage, Harri Deutsch Verlag, Frankfurt am Main.

125. Robinson, C., Strafford, S., Rees, G., Brookes, S.J., Kirkham, J., Shore, R.C., Watson, P.S., Wood, S. (2006): Plaque biofilms: the effect of chemical environment on natural human plaque biofilm architecture. *Arch Oral Biol* **51**, 1006-1014.

126. Robinson, P.G., Deacon, S.A., Deery, C., Heanue, M., Walmsley, A.D., Worthington, H.V., Glenny, A.M., Shaw, W.C. (2005): Manual versus powered toothbrushing for oral health. *Cochrane Database Syst Rev* **18**, CD002281.

127. Rustogi, K.N., Curtis, J.P., Volpe, A.R. (1992): Refinement of the modified Navy plaque index to increase plaque scoring efficiency in gumline and interproximal tooth areas. *J Clin Dent* **3**, 9-12.

128. Sabbah, W., Tsakos, G., Chandola, T., Sheiham, A., Watt, R.G. (2007): Social gradients in oral and general health. *J Dent Res* **86**, 992–996.

129. Sachs, H. (1967): *Der Zahnstocher und seine Geschichte. Eine kulturgeschichtlich-kunstgewerbliche Studie*. 2. Auflage, Olms, Hildesheim.

130. Sagel, P.A., Lapujade, P.G., Miller, J.M., Sunberg, R.J. (2000): Objective quantification of plaque using digital image analysis. *Monogr Oral Sci* 17, 130-143.

131. Scheinin, A., Mäkinen, K.K. (1975): Turku sugar studies I - XXI. *Acta Odontol Scand* **33**, 5-349.

132. Schluger, S., Yuodelis, R., Page, R.C., Johnson, R.H. (1990): Etiology of inflammatory periodontal disease. In: Schluger, S., Yuodelis, R., Page, R.C., Johnson, R.H. (Hrsg.): *Periodontal disease: Basic phenomena, clinical management, and occlusal and restorative relationships*. Lea&Febiger, Philadelphia.

133. Schmid, M.D., Balmelli, O.P., Saxer, U.P. (1976): Plaque removing effect of a toothbrush, dental floss and a toothpick. *J Clin Periodontol* **3**, 157-165.

134. Schmid, M.O., Curilovič, Z. (1975): Die Wirkung von Instruktion und Motivation auf die Mundhygiene. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* **85**, 457-466.
Zit. n. Schmid, M.D., Balmelli, O.P., Saxer, U.P. (1976): Plaque removing effect of a toothbrush, dental floss and a toothpick. *J Clin Periodontol* **3**, 157-165.

135. Scully, C.M., Wade, A.B. (1970): The relative plaque removing effect of brushes of different lenght and texture. *Dent Pract Dent Rec* **20**, 244-248.

136. Sharma, N.C., Galustians, J., Rustogi, K.N., McCool, J.J., Petrone, M., Volpe, A.R., Korn, L.R., Petrone, D. (1992): Comparative plaque removal efficacy of three toothbrushes in two independent clinical studies. *J Clin Dent* **3**, 13-20.

137. Silverstone, L.M. (1977): Remineralization phenomena. *Caries Res* **11**, 59-84.

138. Skopek, R.J., Liljemark, W.E. (1994): The influence of saliva on inter- bacterial adherence. *Oral Microbiol Immunol* **9**, 19- 24.

139. Smukler, H., Nager, M.C., Tolmie, P.C. (1989): Die Morphologie der interdentalen Zahnflächen und ihre Auswirkung bei der Plaquebeseitigung. *Quintessenz* **40**, 1453-1463.

140. Sofrata, A.H., Claesson, R.L., Lingström, P.K., Gustafsson, A.K. (2008): Strong antibacterial effect of miswak against oral microorganisms associated with periodontitis and caries. *J Periodontol* **79**, 1474–1479.

141. Sördeling, E., Mäkinen, K.K., Chen, C.Y., Pape, H.R., Loesche, W., Mäkinen, P.L. (1989): Effect of sorbitol, xylitol and xylitol/sorbitol chewing gums on dental plaque. *Caries Res* **23**, 378-384.

142. Spivakovsky, S., Toppin, J., Keenan, A., Lo, D., McCutcheon, J.A. (2006): Plaque removal with a novel rubber chewing wheel device: results of a randomized clinical trial. *J Clin Dent* **17**, 145-148.

143. Staufer, S. (2011): *Validierung einer robotergestützten Methode zur Beurteilung der klinischen Reinigungseffizienz von Handzahnbürsten*. Zahn. Med. Diss., Witten/Herdecke.

144. Stephan, R.M., Miller, B.F. (1943): The effect of synthetic detergents on pH changes in dental plaques. J Dent Res 22, 53–61.
Zit. n. Gängler, P., Arnold, W.H., Steinberg, D. (2010): Ätiologie und Pathogenese. In: Gängler, P., Hoffmann, T., Willershausen, B., Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (Hrsg.): *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Thieme Verlag, Stuttgart.

145. Stookey, G.K. (2008): The effect of saliva on dental caries. *J Am Dent Assoc* **139**, 11-17.

146. Syed, S.A., Loesche, W.J. (1978): Bacteriology of Human Experimental Gingivitis: Effect of Plaque Age. *Infect Immun* **21**, 821–829.

147. Swol, R.L. van, Scotter, D.E. van, Pucher, J.J., Dentino, A.R. (1996): Clinical evaluation of an ionic toothbrush in the removal of established plaque and reduction of gingivitis. *Quintessence Int* **27**, 389-394.

148. Tenovuo, J. (2002): Antimicrobial Agents in Saliva - Protection for the Whole Body. *J Dent Res* **81**, 807-809.

149. Theilade, E., Wright, W.H., Jensen, S.B., Löe, H. (1966): Experimental gingivitis in man. II. A longitudinal clinical and bacteriological investigation. *J Periodontal Res* **1**, 1-13.

150. Touger-Decker, R., Loveren, C. van (2003): Sugars and dental health. *Am J Clin Nutr* **78**, 881 S-892.

151. Urbanowski, M., Socha, P., Dąbrowski, P., Nowaczewska, W., Sadakierska-Chudy, A., Dobosz, T., Stefaniak, K., & Nadachowski, A. (2010): The first Neanderthal tooth found North of the Carpathian Mountains. *Naturwissenschaften* **97**, 411-415.

152. Wellek, S., Blettner, M. (2012): On the proper use of the crossover design in clinical trials: part 18 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int* **109**, 276-281.

153. WHO (World Health Organization) (1997): *Oral health surveys, basic methods, 4th Edition.* Oral Health Unit, Genf.

154. Wolf, H.F., Rateitschak, E.M., Rateitschak, K.H. (2004): *Farbatlanten der Zahnmedizin 1 - Parodontologie*. 3. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart.

155. Wright, C.J., Burns, L.H., Jack, A.A., Back, C.R., Dutton, L.C., Nobbs, A.H., Lamont, R.J., Jenkinson, H.F.(2013): Microbial interactions in building of communities. *Mol Oral Microbiol* **28**, 83-101.

156. Wu, C.D., Darout, I.A., Skaug, N. (2001): Chewing sticks: Timeless natural toothbrushes for oral cleansing. *J Perodont Res* **36**, 275-284.

157. Yankell, S.L., Emling, R.C. (1997): A thirty-day safety and efficacy evaluation of the Rowenta, Braun and Sonicare powered toothbrushes and a manual toothbrush. *J Clin Dent* **8**, 120-127.

158. Zaura, E. (2012): Next-generation sequencing approaches to understanding the oral microbiome. *Adv Dent Res* **24**, 81-85.

159. Zanatta, F.B., de Mattos, W.D., Moreira, C.H., Gomes, S.C., Rösing, C.K. (2008): Efficacy of plaque removal by two types of toothpick. *Oral Health Prev Dent* **6**, 309-314.

160. Ziebolz, D., Schwerdtfeger, B., Brunner, E., Hornecker, E., Mausberg, R.F. (2008): Oral health in young adults in Germany - a comparison between women and men of the German army. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* **118**, 944-950.

161. Zimmer, S. (1997): Fluoridverbindungen: Wirkungsweise und Wirksamkeit. *Prophylaxe Dialog* **2**, 1-7.

162. Zimmer, S. (2001): Caries-Preventive Effects of Fluoride Products when Used in Conjunction with Fluoride Dentifrice. *Caries Res* **35**, 18–21.

163. Zimmer, S. (2000): *Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie. Habilitationsschrift.* Humbold Universität zu Berlin, Berlin.

164. Zimmer, S. (2003): Mundhygiene und Mundhygienehilfsmittel. In Roulet, J.F., Zimmer, S. (Hrsg.): *Farbatlanten der Zahnmedizin 16 - Prophylaxe und Präventivmedizin*. 1. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

11. Anhang

11.1. Informationsschreiben

Vertraulich

Informationsschreiben

An die Probanden der klinischen Untersuchung zur Reinigungseffizienz von Kauschaum in der Anwendung als Mundpflegeprodukt.

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen der klinischen Untersuchung zur Reinigungseffizienz von Kauschaum in der Anwendung als Mundpflegeprodukt möchte ich Sie mit diesem Schreiben über das Ziel und die Vorgehensweise der klinischen Untersuchung informieren.

Das Ziel ist es, die Plaquereduktion durch die Anwendung der getesteten Produkte im Vergleich zur Kontrollprobe (kubischer Kauschaum) darzustellen.

Die Untersuchungen werden an folgenden Tagen zu folgenden Zeiten stattfinden:
Fr., 08.02.2008 18:00 - 20:00
Mo., 11.02.2008 18:00 - 21:00
Fr., 15.02.2008 18:00 - 20:00
Mo., 18.02.2008 18:00 - 21:00
Fr., 22.02.2008 18:00 - 20:00
Mo., 25.01.2008 18:00 - 21:00
Zu diesen Zeiten werden Sie in Gruppen eingeteilt, so dass eine ständige Präsenz nicht erforderlich sein wird.

An dem ersten Tag der Untersuchung erhalten sie eine Einführung in die jeweiligen Zahnputztechniken, sowie eine Kalibrierung der Anwendung und Dokumentation. Danach werden Sie im Rahmen des Praktikums der „Präventiven Zahnheilkunde“ in kleine Behandlungsteams aufgeteilt und erhalten durch die Mitglieder Ihrer Gruppe eine professionelle Zahnreinigung. Die Behandlungsräume werden von der Abteilung für Kieferorthopädie der Universität Witten/Herdecke zur Verfügung gestellt. Die

Zahnreinigungen werden von Herrn Dr. Tomas Lang und Frau ZÄ Shirin R. Birowo, überwacht und geprüft.

Im Anschluss an die professionelle Zahnreinigung sind Sie verpflichtet, für 72 Stunden jede Art der Mundhygiene zu unterlassen. Dies ist der essentielle Bestandteil der Studie, da nur auf diese Weise eine entsprechende, klinisch eindeutig erkennbare Plaquebesiedlung zu erreichen ist.

Nach Ablauf der 72 Stunden finden Sie sich erneut in der Abteilung für Kieferorthopädie der Universität Witten/Herdecke ein.
Es folgt eine fotografische Dokumentation der entstandenen Plaquebesiedlung durch einen Plaquerevelator (dieser färbt die Plaque ein). Im Anschluss reinigen Sie sich, entsprechend der vor 72 Stunden erhaltenen Einführung, die Zähne. Der Reinigungseffekt wird ebenfalls fotografisch festgehalten. Nach der Dokumentation sollen Sie Ihre übliche Mundhygiene wieder aufnehmen.

Es ist durch klinische Studien belegt, dass die unterlassene Mundhygiene für 72 Stunden keine gesundheitlichen Folgen hat, sofern die übliche Mundhygiene wieder aufgenommen wird. [Claydon, N., Addy, M. (1996); Claydon, N., Addy, M., Scratcher, C. Ley, F., Newcombe, R. (2002)]

Ihre erfolgreiche Teilnahme an der Studie wird mit einem **Betrag von 100 Euro pro Wochenende** als Probandenentschädigung vergütet.

Für die Studie ist es essentiell wichtig, dass keine Mundhygienemaßnahmen für 72 Stunden stattfinden. Sollte nach 72 Stunden an den Untersuchungszähnen ein geringerer QHI als 3 bestehen (weniger als 1/3 Plaqueabdeckung vom Gingivarand gemessen), **wird die Probandenentschädigung auf 50 Euro herabgesetzt.**
Ich bedanke mich für Ihre Teilnahme an dieser Studie und bitte Sie anschließend die beigefügte Einwilligungserklärung zum Datenschutz unterschrieben an mich zurückzugeben.

An der Studie kann man nur teilnehmen, wenn keine Schwangerschaft besteht, da es hierzu noch keine Gutachten über Unbedenklichkeit gibt.
Weiterhin müssen die Zähne 16, 11, 25, 36, 31, 45 vorhanden und nicht überkront sein.

Mit freundlichen Grüßen,

ZÄ Shirin R. Birowo

11.2. Einwilligungserklärung

Vertraulich

Einwilligungserklärung zum Datenschutz (Arzneimittelgesetz)

Bei klinischen Prüfungen werden persönliche Daten und medizinische Befunde über Sie erhoben. Die Erhebung, Weitergabe, Speicherung und Auswertung dieser Angaben über ihre Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor Teilnahme an der klinischen Prüfung folgende freiwillige Einwilligung voraus, d.h. ohne die nachfolgende Einwilligung können Sie nicht an der klinischen Prüfung teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser klinischen Prüfung erhobene Daten/Angaben über meine Gesundheit auf Fragebögen und elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und ohne Namensnennung (pseudonymisiert) weitergegeben werden an:

a) den Auftraggeber (Sponsor)* der Studie zur wissenschaftlichen Auswertung, Bewertung von unerwünschten Ereignissen oder Beantragung der Zulassung;

b) die zuständige(n) Überwachungsbehörde(n) *(Landesamt oder Bezirksregierung)* Bundesoberbehörde *(Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, Bonn)* Ethik-Kommission und ausländischen Behörden und europäische Datenbank zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie, zur Bewertung von Studienergebnissen und unerwünschter Ereignisse oder zur Beantragung der Zulassung.

**Anschrift des Auftraggebers/beauftragter Unternehmen :*
Bayer MaterialScience AG
Dr. Steffen Hofacker
Head Cosmetics
BU Coatings, Adhesives & Sealants
Building Q 24
D-51368 Leverkusen

2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass ein autorisierter und zur Verschwiegenheit verpflichteter Beauftragter des Auftraggebers, der zuständigen inländischen und ausländischen Überwachungs- und Zulassungsbehörden in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten Einsicht nimmt, soweit dies für die Überprüfung der Studie notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.

3. Die Einwilligung zur Erhebung und Verarbeitung der Angaben über meine Gesundheit ist unwiderruflich. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der klinischen Prüfung beenden kann. Im Fall dieses Widerrufs erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten ohne Namensnennung weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um Wirkungen des zu prüfenden Arzneimittels festzustellen, sicherzustellen, dass schutzwürdige Interessen der betroffenen Person nicht beeinträchtigt werden, der Pflicht zur Vorlage vollständiger Zulassungsunterlagen zu genügen.

4. Hiermit versichere ich, dass derzeit keine Schwangerschaft besteht und zum Zeitpunkt der Studie nicht zu erwarten ist.

5. Ich bin mir bewusst, an einer vertraulichen Studie teilzunehmen und verpflichte mich, keine Informationen über neuartige Schaummaterialien für kosmetische Anwendung an Dritte weiterzugeben.

_____	_____	_____
Name	Datum	Unterschrift

12. Danksagung

Großer Dank gebührt zu allererst Herrn Prof. Dr. Dr. h.c Peter Gängler, ohne dessen unerschütterlichen Enthusiasmus es diese Dissertation nicht gegeben hätte und der mir der beste Doktorvater ist, den man sich wünschen kann. Ohne seine stets konstruktive Hilfe und sein offenes Ohr für Fragen wäre diese Arbeit nicht gelungen.

Der gleiche Dank gilt Herrn Dr. Tomas Lang, der dieses Thema initiiert und mir anvertraut hat. Nur unter seiner geduldigen Betreuung war es mir gelungen, die klinischen Untersuchungen durchzuführen.

Bei Frau Dr. Barbara Jennes möchte ich mich für die maßgebliche statistische Auswertung meiner Daten sowie für ihre unterstützenden Erläuterungen herzlich bedanken. Vor allem danke ich ihr für ihre Freigabe zur Verwendung der Originaldiagramme (Abbildung 44-47) in dieser Dissertation.

Mein Dank gilt ebenfalls der Firma Bayer AG, besonders Herrn Dr. Steffen Hofacker, für die Zusammenarbeit mit der Universität Witten/ Herdecke, worauf diese Dissertation basiert.

Mein Dankeschön gilt auch allen meinen Probanden und Probandinnen, die tapfer den Versuchsablauf konsequent durchzogen und das Fundament für diese klinische Untersuchung lieferten.

Ich danke dem Landschaftsverband Westfalen-Lippe für die freundliche Genehmigung zur Insertion der Abbildung 4.

Abschließend möchte ich meiner Familie persönlichen Dank aussprechen, besonders meiner Mutter, die mich stets unterstützt und gefördert hat.

13. Lebenslauf

Persönliche Daten

Familienname	:	Toekan, geb. Birowo
Vorname	:	Shirin Rahmi
Anschrift	:	Athener Weg 3 42269 Dortmund
Geburtsdatum	:	16.02.1982
Geburtsort	:	Buxtehude, Niedersachsen, Deutschland
Familienstand	:	verheiratet
Staatszugehörigkeit	:	deutsch

Bildungsweg

Schulausbildung	2000	Abitur am Privatgymnasium St. Aloysius in Bandung, West Java, Indonesien
	2001	Anerkennung der deutschen Hochschulreife am Zentralkolleg der Universität Hamburg, Hamburg
Praktika	2001-2002	Zahntechnisches Praktikum im Zahnlabor Quadfaß, Mühlfelder Straße 11, 82211 Herrsching am Ammersee, Bayern
	2001-2002	Praktikum in der Zahnarztpraxis Dr. Gabriele Piller, Klenzestr. 24, 80469 München, Bayern
Hochschulbildung		
	2002-2007	Universität Witten/Herdecke, Witten, NRW Fachrichtung: Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

2003-2005	Studiumbegleitende Hospitationen über mehrere Jahresabschnitte in der Zahnarztpraxis Dr. Gabriele Piller, Klenzestr. 24, 80469 München, Bayern
2005	Erhalt des Stipendiums zur Weiterbildung in Akupunktur und traditioneller chinesischer Medizin an der Universität Witten/Herdecke, Witten, NRW
2006	Austauschprogramm an der School of Dental Medicine der University of Pennsylvania in Philadelphia, Pennsylvania, Vereinigte Staaten von Amerika.
2007	Erteilung der Approbation als Zahnärztin durch die Bezirksregierung Arnsberg
2008	Erteilung der Qualifikation zur Zusatzbezeichnung in Akupunktur und traditioneller chinesischer Medizin durch die Medizinische Fakultät der Universität Witten/ Herdecke, Witten, NRW

Berufserfahrung

2008	Assistenz-Zahnärztin in der Zahnarztpraxis „Zahnärzte am Centro“, Centroallee 271, 46047 Oberhausen, NRW
2010	Beginn der Tätigkeit als Zahnärztin im Angestelltenverhältnis in der Zahnarztpraxis „Zahnärzte am Centro“, Centroallee 271, 46047 Oberhausen, NRW

14. Eidesstattliche Erklärung

Shirin Rahmi Toekan, geb. Birowo
Athener Weg 3
44269 Dortmund

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere (an Eides statt), dass ich die zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Klinische Plaquekontrolle eines experimentellen Mundpflegeproduktes“ selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und die in der Arbeit verwendete Literatur vollständig zitiert habe.

Ich habe diese Dissertation weder in dieser noch in einer ähnlichen Form an einer anderen Hochschule eingereicht.

Dortmund, den 23.07.2013

Shirin Rahmi Toekan, geb. Birowo